QE
201
M612

SECRETARIA DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TRABAJO

DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS Y EXPLORACIONES GEOLOGICOS

ST

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

BOLETIN NUMERO 35

pt. 1

EL PETROLEO EN LA REPUBLICA MEXICANA

ESTUDIO GEOLOGICO ECONOMICO SOBRE LOS YACIMIENTOS

PETROLIFEROS MEXICANOS

POR EL GEOLOGO E INGENIERO DE MINAS

MIGUEL BUSTAMANTE

PRIMERA PARTE

Smithsonian Institution
MAR 6 1919
National Museum
244947

MEXICO
TALLERES GRAFICOS DE LA SECRETARIA DE COMUNICACIONES
1918

SECRETARIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

BOLETIN NUMERO 35

EL PETROLEO EN LA REPUBLICA MEXICANA

ESTUDIO GEOLOGICO ECONOMICO SOBRE LOS YACIMIENTOS

PETROLIFEROS MEXICANOS

POR EL GEOLOGO E INGENIERO DE MINAS

MIGUEL BUSTAMANTE

PRIMERA PARTE

Smithsonian Institution
MAR 6 1919
National Museum

MEXICO

TALLERES GRAFICOS DE LA SECRETARIA DE COMUNICACIONES

1917

ADVERTENCIA

El Sr. Ing. Ezequiel Ordóñez, exdirector del Instituto Geológico de México, me encargó hiciera una recopilación de todos los trabajos que se hubieran escrito sobre la Geología del Petróleo de México, tanto de autores mexicanos como extranjeros; y por eso aparecen al principio de esta obra algunos extractos de varios trabajos que ya han sido dados a luz en algunas publicaciones, con el objeto de reunirlos en un solo tomo, facilitando su consulta por los interesados en nuestro país en la explotación de los yacimientos petrolíferos: pero como la mayor parte de estos escritos parten de diversas bases, su publicación, lejos de llenar el vacío que se nota, traería una confusión, propuse a dicho señor, que me diera carta blanca para escribir un trabajo más o menos original sobre el Petróleo en México, aprovechando todo el material reunido, y sólo publicar como introducción algunos de esos trabajos condensados de verdadero mérito.

En el presente Boletín me he apartado de la forma clásica, que predomina en la mayor parte de las publicaciones del Instituto, cuyo espíritu realmente no ha sido el de la vulgarización, sino que son trabajos áridos, que sólo los sabios pueden aprovechar y de los cuales el público apenas si llega a tener noticias vagas sobre su existencia.

Veremos si el éxito de esta publicación, que considero muy deficiente, dada mi ninguna práctica para manejar la pluma y la escasez de datos, logra por la intención que me ha guiado al escribirla, difundir los conocimientos geológicos y el amor al estudio de la Geología Aplicada, que es la parte más útil de esta Ciencia, y dar otra orientación a las publicaciones de este Instituto, que las hagan más útiles a todos aquellos que se dedican a la explotación industrial de las riquezas del subsuelo mexicano.

México, octubre de 1917.

M. Bustamante.

PRÓLOGO

Al asumir la Jefatura del Departamento de Estudios Geológicos y Exploraciones y la Dirección del Instituto Geológico de México, encontré terminado, y casi en su totalidad impreso, el escrito del Sr. Ingeniero don Miguel Bustamante, al que, por acuerdo del señor Secretario de Industria, Comercio y Trabajo, servirán estas líneas de prólogo.

Fué la idea de mi antecesor, el Sr. Ingeniero don Ezequiel Ordóñez, que se hiciera una recopilación de las opiniones técnicas publicadas sobre la riqueza petrolífera de México, ya para tener un conjunto sintético que sirviera de base a estudios posteriores, ya para publicarla, con las adiciones pertinentes, si tal cosa hubiera sido oportuna.

Habiéndose separado el Sr. Ordóñez de la Dirección del Instituto desde principios de septiembre de 1917, y no habiendo yo venido a substituirlo sino hasta el 1º de abril de 1918, en ese intervalo de tiempo no podían haber quedado en suspenso las actividades del Instituto, y de allí que la primera parte de la obra "El Petróleo en la República Mexicana" hubiera sido concluída y vea hoy la luz pública, sin haber obedecido a otro plan que el que su autor creyó conveniente adoptar.

Ahora que ya está formulado un programa al que se sujetará la labor del Instituto Geológico, en lo referente al estudio del petróleo en México, es pertinente bosquejarlo y precisar la utilización que, dentro de ese programa, podrá tener el estudio que hoy se publica.

No es de extrañar que trabajo de tan capital importancia se inicie años después de que México se reveló como importante productor de aceite mineral, si se tiene en cuenta que apenas hace dos años que el país ha entrado en la vía de su reconstrucción social y política, después de haber sostenido cruda lucha para aniquilar regímenes viciados y retardatorios, que no podían impulsar en debida forma, como hoy se hace, el estudio geológico de las riquezas de nuestro subsuelo.

Al efecto, se han empezado trabajos de planificación y muy pronto se dará principio a labores de campo, para completar de la mejor manera posible, la topografía de cada región, base indispensable para los estudios ulteriores y que, en sí misma tendrá gran importancia, puesto que, aunque las estructuras superficiales obedecen a menudo a causas físicas cuya influencia no persiste a profundidad, en numerosos casos, existen relaciones, a veces decisivas, entre la topografía de la superficie y la disposición de las estructuras subterráneas. En seguida, o quizá simultáneamente, se efectuará el estudio estratigráfico y se hará el cómputo de los datos geológicos recogidos durante las perforaciones, depurándolos hasta donde sea posible y, como resultado, verán la luz pública algunas monografías, acompañadas de planos, secciones y análisis químicos y micropetrográficos, monografías que, periódicamente reaparecerán, completando o rectificando los estudios previos.

A la realización de este programa, el estudio del Sr. Bustamante aportará la parte que tiene de datos gráficos, algunos de ellos interesantes, y también servirán como elementos de estudio, las recopilaciones que contiene de opiniones de autores reputados.

Las teorías que expliquen la acumulación de los hidrocarburos en zonas determinadas de la litoesfera, no deben ser, en mi sentir, formuladas cual hipótesis generales, toda vez que la complejidad de tales fenómenos, hace suponer que cada caso envuelve especial problema, sino que habrán de basarse en minuciosos estudios topográficos, litológicos y estratigráficos, que son los que el Instituto acometerá en breve. Esto, más que las teorías geogénicas, es lo que nos conviene precisar, para definir nuestras concepciones acerca de la persistencia en extensión y profundidad de esta riqueza nacional, y a eso tenderán, de preferencia, nuestros empeños, para cuya realización contaremos, a no dudarlo, con el franco espíritu de cooperación que, por deber y por interés científico, nos aportarán las compañías explotadoras, algunas de las cuales, nos han demostrado ya su buena voluntad. En la persona del autor de este trabajo, tendremos también un elemento bien preparado para cooperar en el estudio metodizado que a grandes rasgos he bosquejado.

En este estudio, como en todos los que tienen por objetivo la corteza de la tierra, es posible que gradualmente tengamos que conformarnos con aceptar causas cuya variabilidad en intensidad y en persistencia, estén en relación con la complejidad de los fenómenos. Las teorías que sostienen las causas únicas o las modalidades exclusivas, si han sido útiles para servir como puntos de partida y aun de mira a las investigaciones de los especialistas, no hay que tomarlas como definitivas; mas, para rectificarlas, se impone la realización de operaciones laboriosas y de estudios concienzudos que seguramente conducirán a la aceptación de ideas menos exclusivas, demostrando con esto la dificultad que envuelve, en-

tre otros, el estudio del petróleo, y la responsabilidad que incumbe a quienes desvían la opinión, queriendo sostener teorías prematura y deficientemente concebidas.

El señor Ingeniero Bustamante, yendo contra la opinión más generalmente aceptada, se declara partidario de una de las varias teorías que en distintas épocas se han sostenido para explicar el origen del petróleo. A este respecto, es probable que las opiniones sigan divididas durante mucho tiempo, máxime si los especialistas persisten en adoptar una causa única, cuando la extensión y complejidad del fenómeno piden eclecticismo en las hipótesis, que habrán quizá de fundarse en observaciones y estudio de las grandes acumulaciones de vegetales, de los despojos animales, de los yacimientos de carbón y aun en la investigación de las abstrusas reacciones que en el seno de la baryesfera se realicen.

Por lo que toca al trascendental problema de la acumulación, sabido es que en nuestros campos petrolíferos desempeñan importante papel las rocas intrusivas que, afectando y alterando más o menos intensamente, la regularidad normal de las formaciones clásticas, debe haber traído, en la disposición relativa de los estratos, en su orientación y echado, en su estructura y aun en su íntima naturaleza mineralógica, cambios y modificaciones que han repercutido en el fenómeno de la acumulación de la riqueza fluida a que nos referimos; pero, el precisar este influjo, el inferir las modalidades a que dé lugar, no puede ser el resultado de una improvisación o de una hipótesis aventurada, ni tampoco de un simple reconocimiento o "vista de ojos," sino de minucioso estudio que de consuno deben realizar el geólogo y el ingeniero.

Cierto que, cuando se persigue un fin de utilidad industrial, como lo está haciendo el Instituto Geológico, suele uno verse constreñido a emitir opiniones sujetas a rectificaciones, pero siempre han de cimentarse sobre la sólida base de una amplia documentación técnica; aunque, como muy bien dice el Sr. Bustamante, no hay que temer a la crítica, por severa que sea, sobre todo, cuando con fe y probidad científicas se va en busca de la verdad.

Aunque no directamente en relación con el estudio geológico, contiene esta obra datos históricos que contribuirán a que el público se interese por los negocios de petróleo, considerándolos como objeto de explotación industrial y no de especulación bursátil, que es el aspecto que en la mayoría de los casos han asumido las empresas entre nosotros organizadas. Estos datos cooperarán igualmente para orientar y afirmar ante el público, el justo y elevado criterio en que el Gobierno mexicano se inspira, al tratar de reivindicar los derechos de la Nación, conculcados por anteriores gobiernos, con miras a todas luces, antipatrióticas y personalistas, y por ende, inmorales.

Los considerandos sociológicos del Sr. Bustamante, tanto en este particular como en otros, así como su estilo—propio, como él mismo dice, "de persona sin

ninguna práctica para manejar la pluma"—quedan, naturalmente, bajo su personal responsiva y deberán considerarse, por lo que al Departamento de Exploraciones y Estudios Geológicos toca, como parte de un programa, libre y espontáneamente forjado por su autor.

La última parte del libro es la que más se aproxima al carácter sintético que se pretendió tuviese la obra. Desde ese punto de vista, tal capítulo será de utilidad y deberá tomarse en cuenta al proceder al estudio detallado que se ha proyectado y que, en la medida de lo posible, ha empezado a realizarse. En el curso de esa labor, oportunidades habrá para rectificar, o quizá ratificar, algunas de las suposiciones que el autor hace y que, aunque tal vez por falta de tiempo y espacio no justifica, obedecen al fecundo principio de que, por inferencia, las hipótesis geológicas deben irse extendiendo, pues es el *desiderátum* que esa ciencia persigue, el de servir de guía a las investigaciones industriales, pagando así la deuda que en sus comienzos contrajera, sobre todo, con la explotación de las minas, que pródigamente puso las bases sobre las cuales, con pasmosa rapidez y asombrosa fuerza evolutiva, se desarrolló la geología moderna.

México, 3 de agosto de 1918.

L. Salazar Salinas.

SINOPSIS DEL BOLETIN No. 26

DEL

INSTITUTO GEOLOGICO NACIONAL

Principiamos esta serie de extractos con una sinopsis del Boletín 26 (agotado) del Instituto Geológico de México, titulado "Algunas regiones Petrolíferas de México," obra debida a la pluma del Ingeniero de Minas don Juan D. Villarello, que fué publicada en el año de 1908; por ser la primera tentativa de un geólogo mexicano sobre un estudio general de los terrenos qme pudieran contener yacimientos petrolíferos, ubicados en la República, especialmente en las Costas del Golfo, en una época en que el problema de la existencia del Petróleo, en cantidades notables, en el subsuelo de los terrenos mexicanos reputados como petrolíferos, para hacer su explotación bajo el punto de vista comercial, comenzaba a esbozarse, pasando, paulatinamente, del estado de simples conjeturas a hechos reales y tangibles, que colocan nuestra riqueza petrolífera en la categoría de una de las más notables en el mundo entero.

En la introducción (págs. 5 a 7) da cuenta del objeto de las comisiones que desempeñó desde principios de 1902, para estudiar las manifestaciones superficiales petrolíferas en los Estados de Tamaulipas, San Luis Potosí, y de los cantones de Ozuluama, Tuxpan y Papantla, del Estado de Veracruz; hace la observación justísima, de que en aquella época no había sino un número muy escaso de datos y perforaciones, necesitándose rendir los informes en el menor tiempo posible, siendo, además, sumamente extensa la zona estudiada, los informes rendidos adolecen del defecto de ser muy incompletos. En visitas posteriores completó sus datos y con el objeto de hacer clara la descripción de la zona petrolífera que estudió; la dividió en siete regiones: San José de las Rusias, Aquismón, El Ebano, Tantoyuca, Tuxpan, Papantla y el Itsmo de Tehuantepec.

En el Bosquejo Histórico (págs. 9 a 11) da noticia de algunos trabajos a que dieron lugar las indicaciones petrolíferas superficiales, cuyos resultados se publicaron en los años comprendidos entre 1872 y 1904, estos datos, los considera el Sr. Villarello, como muy lejos de constituir una reseña histórica completa, relativa al Petróleo en México.

Al final, da una lista de cinco trabajos sobre el Petróleo en México que considera, como la literatura entonces existente, sobre este asunto. En las páginas 19 a 29, tituladas: "San José de las Rusias", lámina I, se ocupa de las regiones petrolíferrs del Estado de Tamaulipas, comprendidas desde el lugar llamado "Santa María de las Ovejas," al sur de Soto la Marina, hasta el río Tamesí, que es lindero entre Tamaulipas y Veracruz; estando limitada al Este, por el Golfo de México y al Oeste, por la Sierra Madre Oriental.

Topografía. (Págs. 20 a 21).—En el intermedio entre la costa y la Sierra Madre Oriental, se encuentran las Sierras de Tamaulipas y las de San José de las Rusias, siendo las tres casi paralelas, con rumbo 30° N. W.; en el terreno comprendido entre las Sierras mencionadas, se encuentran lomeríos que se van perdiendo poco a poco, degenerando en planicies; al Sur y al Este, en donde se encuentran las lagunas del Carpintero, Pueblo Viejo, Champayán, La Culebra, Chila, etc., que desaguan en el Pánuco o en el Tamesí.

Geología. (Páginas 21 a 25).—Las formaciones presentan rocas sedimentarias y también ígneas, las primeras pertenecientes al Mesocretácico, al Eógeno, Neógeno y al Cuaternario; las rocas ígneas son basaltos de especies diferentes, los cuales se encuentran en conos, en corrientes y también como intrusivas.

La formación Mesocretácica, está constituida por calizas de color gris en gruesos bancos, con rumbos medios de 18° y 25° N. E. con 31° de echado al N. W. encontrándose fuertemente plegadas y dislocadas constituyendo una gran parte de la Sierra Madre Oriental, esta formación que se presenta principalmente en el distrito de Tula, pasa por el Poniente de los distritos del sur y centro de Tamaulipas, entrando al territorio del Estado de Nuevo León.

El Neocretácico está constituido por pizarras y areniscas, con rumbo variable entre 18° y 25° N. E. y con echado al S. W. encontrándose esta formación en la Sierra Madre Oriental, cerca de Ciudad Victoria, en la Barranca del Novillo, etc.

Las formaciones Cretácicas anteriores, se prolongan hacia el Sur, penetrando al Estado de San Luis Potosí, por la Sierra de Tampache para Jilitla, al Poniente del Tulillo y en la zona comprendida entre Valles y Tamunal.

En la Sierra de San José de las Rusias se encuentran calizas de Numulites, pertenecientes al Eógeno, extendiéndose hacia el Norte, hasta las cercanías de Santa María de las Ovejas; al Oeste se prolonga por la planicie de San José; al Este, se pierden debajo de las formaciones del Cuaternario y formaciones recien-

CIUDAD VICTORIA
SOTO LA MARINA
B. SOTO LA MARINA
SIERRA MADRE ORIENTAL
GOLFO DE MEXICO
REGION DE SAN JOSE DE LAS RUSIAS
REGION DE SABINO
REGION DE TANCASNEQUI
SN. FRANCISCO
GOMEZ FARIAS
FORLON
Barreta
ESCANDON
Otretil
OTRETIL
Sta. María
Ovejas
Palo Alto
Chachalaca
El Lobo
Azucar
Lavanderos
Espinazo
Encarnación
Zacarías
Sombreritos
Sn. Rafael
Guajolote
Lagartos
Larritos
Jobo
Luna
El Sabino
ALDAMA
El Barranco
Chapopote
EL ROJO
GONZALEZ
ETERNAL
Tancasnequi
Culebras
L. CHAMPAYAN
ALTAMIRA
TAMPICO
B. TORDO
B. DE RESENDIS
B. DE CHAVARRIA
CROQUIS GEOLOGICO
REGIONES PETROLIFERAS
DE
San José de las Rusias, Sabino y Tancasnequi
ESCALA 1 : 1.000,000
EXPLICACION
Chapopotera o grupo de chapopoteras
Perforación
Localidad fosilífera
1 Mesocretácico
2 Neocretácico
3 Eógeno
4 Neógeno
5 Basaltos
6 Cuaternario y Reciente

tes de la playa; al Sur, llegan hasta la misma base de la Sierra de San José; cita como fosilíferas, Subida alta de Buenavista y el Rancho de San Rafael.

Los lomeríos comprendidos entre la Sierra de San José y la de Tamaulipas, se encuentran formadas por capas de calizas, areniscas y margas, con rumbos variables entre 30° N. E. y 30° N. W. con hechado de 8° a 17° al S. E. y al N. E. pertenecientes al Eógeno; forman pliegues suaves a veces en forma de cruz.

Estos pliegues en cruz, forman bóvedas poco levantadas y de pendientes suaves: esta formación se encuentra limitada por las rocas basálticas, al Norte, en las cercanías de San Francisco; al Este, por Aldama, al Oeste, por la Sierra Madre, y al Sur, por el Jopoy, Tancasnequi y El Ebano.

Las formaciones del Cuaternario lo mismo que las recientes, se encuentran por la parte Sur, en Altamira y en Tampico.

La mayor parte de la Sierra de Tamaulipas está constituida por basaltos, rocas que en algunos lugares se hallan cubiertas por brechas y tobas, también basálticas. Estas rocas se encuentran formando conos o constituyendo extensas corrientes, como las que se encuentran en los alrededores de la Hacienda de Santa María, o son en parte intrusivas, aflorando en varios lugares, sobre todo, en las cercanías de las chapopoteras de esta región petrolífera.

Los basaltos descritos anteriormente, cortan a las margas apizarradas y a las areniscas, estando metamorfoseadas estas rocas, en la zona de contacto con la parte intrusiva de los basaltos. Según Villarello, (página 23,) la instrusión de los basaltos en las rocas sedimentarias, que contienen los receptáculos petrolíferos subeterráneos (Oil pools,) de la región de San José de las Rusias, facilitan la emigración de los hidrocarburos de la profundidad, a la superficie del terreno, supone además, que esas instruciones basálticas, al cortar a las rocas sedimentarias, forman una especie de barreras subterráneas, más o menos impermeables, quedando constituida en el contacto entre las rocas sedimentarias y las instrusivas basálticas, una zona permeable, por la cual pueden circular con más o menos dificultad, los hidrocarburos que emigran de la profundidad para la superficie del terreno.

Según este autor, los diques de basalto, impiden el movimiento lateral de los hidrocarburos, obligándolos a continuar su circulación ascendente, siguiendo la zona de contacto antes mencionada; dice que siendo las capas sedimentarias, casi horizontales, son muchas las capas cortadas por los basaltos, facilitando la emigración de los hidrocarburos contenidos en las varias lentes petrolíferas, que estén comunicadas con los referidos planos de extratificación.

Saca como deducción de lo anterior, que las perforaciones en de las cercanías de la zona de contacto (página 23,) entre las rocas intrusivas y las sedimentarias, tendrán muchas probabilidades de cortar uno o varios conductos de emigración (página 24) de los hidrocarburos, y aun cortar también, algún receptáculo pe-

trolífero secundario. Por el contrario, cuando en las referidas zonas de contacto, no se encuentran manantiales de chapopote, es probable que a la profundidad, no se encuentran tampoco receptáculos petrolíferos, cercanos a estas zonas.

Estructura general. (Página 25).—Indica que la estructura general del Terciario, es la de un monoclinal en San José de las Rusias, y que es la circunstancia de encontrarse las capas terciarias casi horizontales, la que ha impedido las grandes acumulaciones de petróleo en el subsuelo de la región. En cambio, el Cretácico de la Sierra Madre Oriental, está fuertemente plegado, fracturado y dislocado. (¿Se encontrarán aquí las grandes acumulaciones de petróleo? El señor Villarello no lo dice.)

La estructura monoclinal se observa, no solo en el Eógeno que se extiende entre las Sierras de Tamaulipas y de San José, sino también en el Eógeno que se presenta al Sur de la Sierra de Tamaulipas, por Jopoy, Tancasnequi, continuándose por los Estados de San Luis Potosí y Veracruz.

Como manifestaciones superficiales (páginas 26 a 27,) cita las chapopoteras de San Rafael, El Gorrión, El Espinazo, El Chapopotillo, San José, Palo Blanco, La Azúcar, El Lobo, Las Chachalacas, Hoya de la Luna, Mezquite, y El Jopoy.

La mayoría de estas manifestaciones se encuentran en el lomerío comprendido entre las Sierras de San José y la de Tamaulipas; por lo general, en la zona de contacto entre las rocas sedimentarias Terciarias y los basaltos intrusivos, que afloran en varias partes de la región.

En cuanto a las perforaciones y exploraciones, los datos que trae son tan escasos e inciertos que no vale la pena de mencionarlos; El señor Villarello se lamenta de que no se hayan emprendido trabajos de esta naturaleza, pues él encuentra una gran semejanza, (página 28) entre esta región petrolífera de San José de las Rusias y la de El Ebano, en el Estado de San Luis Potosí.

En el resumen (págs. 28 y 29) añade que los receptáculos petrolíferos subterráneos, tienen probablemente la forma de lentes irregulares, de pequeñas dimensiones, y los hidrocarburos al emigrar de estas lentes circulan por las cercanías del contacto, entre las rocas sedimentarias y las partes intrusivas de los basaltos, saliendo a la superficie siguiendo el trayecto escensional, ya indicado.

Aquismón. (Págs. 31 a 36).—Lámina II. Bajo la denominación de región petrolífera de Aquismón, el Sr. Villarello comprende la faja de terreno que en la Huasteca Potosina, se extiende por el Cañón de Tocomón, desde el Tamarindo por Aquismón, para Tanute, Tanchanaco y Tres Arroyos; agrega también el terreno comprendido en las márgenes de los ríos Moctezuma, Tampomolón para Tanquián (págs. 31 y 32.)

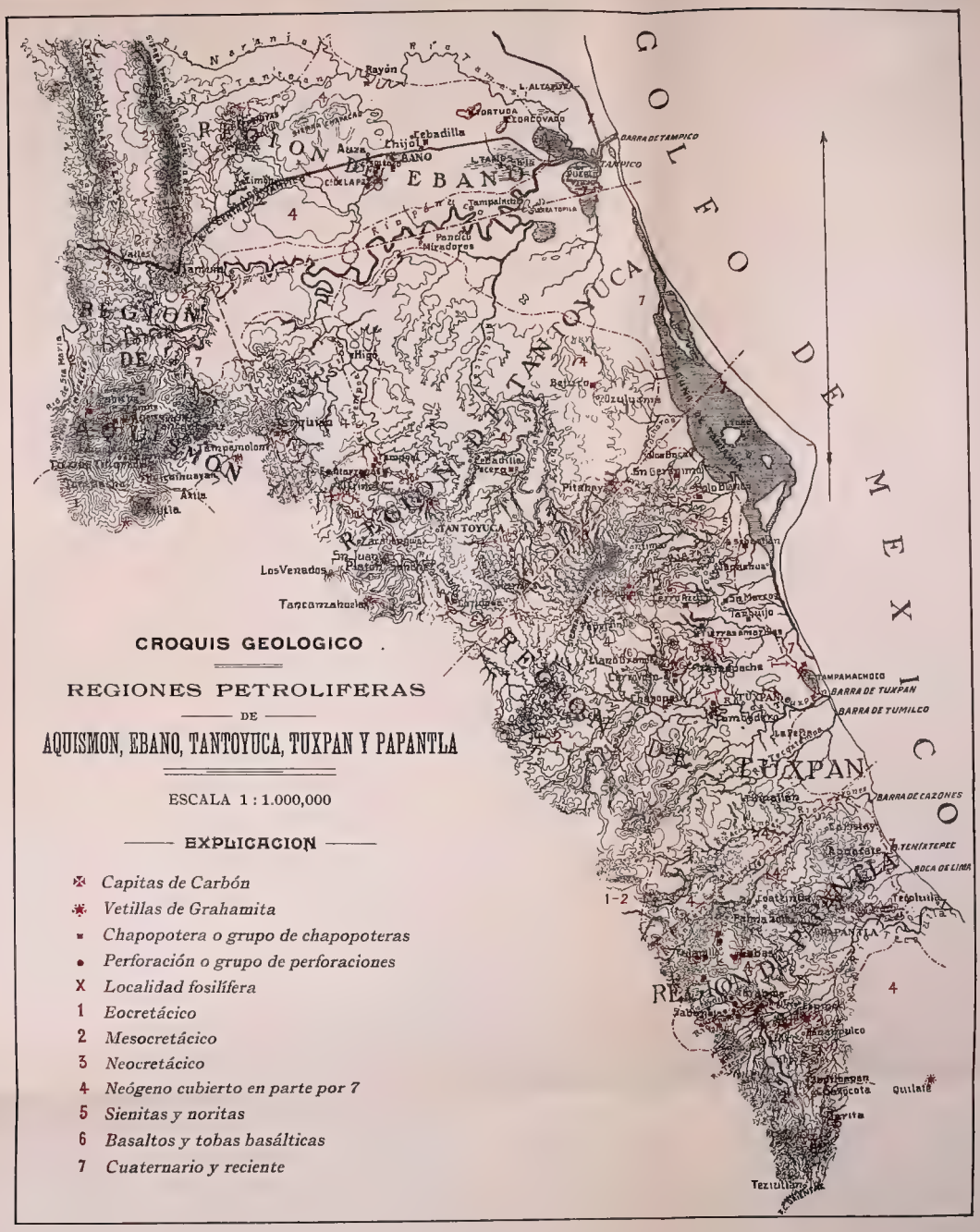
CROQUIS

REGIONES PE

D

AQUISMON, EBANO, TANTOY

ESCALA 1


CROQUIS GEOLOGICO
REGIONES PETROLIFERAS
DE
AQUISMON, EBANO, TANTOYUCA, TUXPAN Y PAPANTLA
ESCALA 1 : 1.000,000
EXPLICACION
Capitas de Carbón
Vetillas de Grahamita
Chapopotera o grupo de chapopoteras
Perforación o grupo de perforaciones
Localidad fosilífera
1 Eocretácico
2 Mesocretácico
3 Neocretácico
4 Neógeno cubierto en parte por 7
5 Sienitas y noritas
6 Basaltos y tobas basálticas
7 Cuaternario y reciente
GOLFO DE MEXICO
REGION DE AQUISMON
REGION DE EBANO
REGION DE TANTOYUCA
REGION DE TUXPAN
REGION DE PAPANTLA
BARRA DE TAMPICO
BARRA DE TUMILCO
BARRA DE CAZONES
BOCA DE LIMA
Rayón
Chijol
Tebadilla
Tampalatipa
Panuco
Miradores
Valles
Tamuin
Higo
Pitahaya
Tantoyuca
Los Venados
Tancamahuela
Tuxpan
Papantla
Tecolutla
Tenixtepec
Tlaxcalantongo
Tlachichilco
Tlapacoyan
Quilate
Tezitlaltepec

Esta zona petrolífera se extiende al Este, para Tantoyuca en el Estado de Veracruz, y al Noroeste, está separada de la del Ebano por el río Tamuín. Esta región petrolífera está constituida principalmente, por rocas sedimentarias Cretácicas, calizas Mesocretácicas, en gruesos bancos muy plegados, cubiertas en parte por pizarras margas y areniscas Neocretácicas. Estas últimas están suavemente plegadas, apoyándose en estratificación discordante con los bancos de calizas Neocretácicas.

En el Cañón de Tocomón, cerca de Tanute, se encuentran chapopoteras con chapopote fluido, que es menos denso que el del Ebano.

Existe en esta región solo una perforación de 136 metros de profundidad en Tanute, abandonada.

El Sr. Villarello considera esta región de una importancia comercial menor que la del Ebano, situada en los límites de los Estados de San Luis Potosí y Veracruz.

Las manifestaciones superficiales de la existencia del petróleo en el subsuelo, afirma que se encuentran, tanto en las rocas Mesocretácicas como en las Neocretácicas. Dice que las calizas están impregnadas de petróleo, y en el interior de ellas, en los lugares en donde no ha podido penetrar el aire, el petróleo no está alterado. Al partir las calizas se percibe el olor del petróleo, viéndose engrasados por el petróleo los fragmentos. El petróleo se observa en varios arroyos extendiéndose sobre el agua.

"El Ebano," San Luis Potosí. (Págs. 37 a 45). Lámina II.—Como región petrolífera del Ebano, el Sr. Villarello, considera la zona de terreno casi plano, que se extiende entre las Sierras de Tanchipa y Chapacao para el Este hasta Tampico, estando limitada al Norte, por el río Tamesí, y al Sur, por el río Pánuco. Perteneciendo una parte muy pequeña de esta zona, la del Poniente, al Estado de San Luis Potosí; correspondiendo la mayor parte del terreno, al Cantón de Ozuluama, Estado de Veracruz. Esta región se une con la de Tancasnequi al Norte y se prolonga al sur, por Ozuluama y Tantoyuca del Estado de Veracruz.

La topografía es poco accidentada excepto en la Sierra de Tanchipa o Boca de Abra, cuyas faldas orientales descienden suavemente, formando extensos lomeríos que constituyen el partido de Valles y en planicies que vienen a morir en la costa. La monotonía del terreno se encuentra interrumpida por la Sierrita de Chapacao, con rumbo casi de Este–Oeste, encontrándose al Oeste de la Sierrita, los cerros conocidos con los nombres del Nopal, Peñitas, San Francisco, etc.

Geología. (Págs. 39 a 40).—En esta región se encuentran rocas sedimentarias y también ígneas, las primeras en la parte Poniente de la región que son Cretá-

cicas; Neogénicas probablemente en el subsuelo de la planicie del Ebano, estando estas últimas en su mayor parte cubiertas por formaciones Cuaternarias y recientes. Las rocas ígneas Terciarias, afloran al Poniente del Rancho del Tulillo, en el cerro Peñitas y también en las colinas que se elevan en la planicie del Ebano.

Las capas Cuaternarias están constituidas por arcillas, arena y grava, aluviones del río que se extienden del Tamesí para el Sur y del Pánuco para el Norte, aflorando las rocas terciarias Neogénicas del subsuelo, en la base de la Sierra de Tanchipa.

El Terciario de esta localidad está formado por pizarras arcillosas amarillentas, y margas de color gris o azulado; encontrados e intercaladas capas de arenisca de cemento arcilloso y algunas veces calcáreo. Solo las calizas Cretácicas de Tanchipa son fosilíferas.

Cortando a las rocas Cretácicas, se encuentra un macizo de sienitas en el cerro llamado Peñitas; cortando a las pizarras arcillosas, margas y areniscas del Ebano, se encuentran rocas basálticas, en parte intrusivas, que han metamorfoseado a las rocas sedimentarias con las cuales se hayan en contacto, constituyendo los pequeños cerros de la Tortuga, Corcobado, los Pedernales y la Pez: Cree el Sr. Villarello que algunos de estos cerritos, como el de la Pez, son pequeños conos por los cuales se verificó el derrame de las tobas basálticas, que en corrientes sobrepuestas se extendieron un poco sobre la llanura.

La estructura general se presenta bajo la forma de anticlinales y sinclinales muy abiertos y poco levantados. Esta estructura general, la considera como poco favorable para la acumulación de grandes cantidades de chapopote, de acuerdo con sus ideas al hablar de San José de las Rusias.

Como manifestaciones superficiales señala las chapopoteras del Cerro de la Pez, Chijol, Tampalache, Alamo, como principales.

Sobre las perforaciones da muy pocos datos, concretándose a decir que el chapopote alcanzado por los 4 pozos que menciona, es muy vizcoso, muy denso (1.0122) de base asfáltica, sumamente escaso en aceites ligeros o iluminantes, no habiendo dado resultado los medios empleados para bombearlo, la producción de los referidos 4 pozos (1—2—3—4) debía ser muy pequeña. Estos pozos se encuentran localizados cerca de las chapopoteras, y el chapopote obtenido no difiere mucho del que se encuentra en la superficie.

Abandonados los pozos anteriores, se comenzaron a abrir otros entre el cerro de la Pez y otra colina también basáltica, en los cuales se encontró chapopote fluido, siendo el más notable el No. 17 que a la profundidad de 510 mts. brotó produciendo aproximadamente 1,600 barriles cada 24 horas, habiéndose concluído la perforación, con el resultado ya indicado, en abril de 1904.

Este petróleo se ha usado como combustible en las calderas de la compañía del Ebano, en las locomotoras del Ferrocarril Central, principalmente en la división de San Luis a Tampico, y en gran cantidad el asfalto para la pavimentación de varias ciudades de la República.

Vuelve a insistir que el petróleo se encuentra en el criadero en pequeñas lentes muy diseminadas en una gran extensión superficial de terreno, y que los diques de basalto constituyen especies de barreras impermeables, etc., etc.

Cree en que los pozos localizados en las zonas de contacto entre las rocas sedimentarias y las ígneas o sea los basaltos intrusivos, son los que tienen mayores probabilidades de éxito.

Admite que la región del Ebano, aunque no es comparable con la de Texas, es hasta ahora, en México, la que ha producido en total, la mayor cantidad de chapopote, no obstante que la producción diaria no ha sido muy notable.

Tantoyuca. (Páginas 47 a 52). Lámina II.—Comprende la región designada con este nombre, el terreno petrolífero que se extiende del río Pánuco para el Sur, hasta la Sierra de Otontepec o de Tantima, separando esta Sierra la región de Tantoyuca de la de Túxpam.

Las faldas de la elevada Sierra de Otontepec descienden al Poniente, para Tantoyuca, y por el Norte, hacia Ozuluama, hasta perderse en los lomeríos de estos lugares para el río Pánuco.

Los ríos principales que surcan la comarca, son: Chicayán, Comales, Chila, Calabozo, etc.

Geología.—Las rocas que afloran en esta región son sedimentarias en su mayor parte; Terciaras, Neogénicas recubiertas por formaciones Cuaternarias al norte, al Este y al centro; Neocertácicas al Suroeste, y eruptivas basálticas al Sureste de la región.

Las diversas capas sedimentarias no difieren así como las rocas basálticas de las descritas en los estudios anteriores, encontrándose además, intercaladas entre las margas, capas de arenas sueltas y a veces areniscas arcillosas o calcáreas.

Las margas están por lo general poco consolidadas, siendo fosilíferas en las cercanías Del Cristo; por los fósiles encontrados, las considera el señor Villarello como pertenecientes al Neógeno de la división que él llama Túxpam; estas capas se apoyan sobre calizas y areniscas, las cuales son probablemente, Neocretácicas, aflorando al Sur y Sur-poniente de Tantoyuca.

Las capas Cuaternarias cubren una gran extensión, ocultando a las Terciarias de la localidad, no siendo estas últimas de un gran espesor, como se vé en los ríos

Pánuco y Tempoal, y en varias perforaciones se ha alcanzado el Terciario a muy poca profundidad.

Las capas sedimentarias descritas están cortadas y en parte cubiertas por las rocas basálticas que constituyen la Sierra de Otontepec, conocida también con los nombres de San Juan o Tantima. En algunos lugares, los basaltos negros están cubiertos por tobas basálticas amarillentas. Existen pocas chapopoteras de importancia comercial, cita las siguientes: la de Pitahaya, la del Bejuco, que se encuentran en Ozuluama, la de los Comales, cerca de Pecero, y la de la Condesa, al Sur de Tantoyuca.

Como cosa notable, señala en esta región la existencia de la Grahamita, en el Cristo, los Venados, San Juan y Tancazuela, que se encuentra rellenando las grietas de las areniscas y de las margas; hace hincapié sobre que se ha confundido dicha substancia con el carbón bituminoso de la mejor calidad; siendo por eso que se ha llamado región carbonífera a la que se extiende de Huejutla por Platón Sánchez para Tantoyuca.

En la época a que se refiere el señor Villarello, sólo existía una perforación conocida con el nombre de El Ojo de la Brea en la loma de Tambacám, terrenos de Tamelul, la cual, según los informes recogidos, tenía una profundidad de 300 metros y 14 centímetros de diámetro.

En el concepto del señor Villarello, la región de Tantoyuca, como siendo la prolongación al Sur y al Sureste de las regiones de Tancasnequi y del Ebano, el chapopote se encontrará distribuido en el subsuelo formando depósitos lenticulares, aislados y diseminados en una gran extensión de terreno, pareciéndole que los depósitos son más abundantes en el Ebano que en Tancasnequi y en la parte Norte de Tantoyuca, siendo de opinión que la importancia industrial es mucho menor que en las dos últimas citadas; termina lamentándose de que ésta región no está explorada, siendo preciso hacer algunas perforaciones para poder emitir una opinión fundada, acerca de su verdadero valor comercial, considerada como región petrolífera.

Tuxpam. (Páginas 51 a 60). Lámina II.—El Cantón de Túxpam del Estado de Veracruz, es en opinión del señor Villarello una región petrolífera sumamente interesante, sobre todo, la parte Norte, que es de expectativa industrial, se encuentra comprendida entre el río Túxpam y los linderos del Cantón de este mismo nombre con los de Tantoyuca y Ozuluama.

Los lugares más elevados en el Cantón de Túxpam se encuentran en la Sierra de Otontepec, la cual corre con el rumbo medio de 45° N. E., la que divide las aguas que corren en dirección del noroeste que bajan por los ríos Chila, Comales y Chicayán que desaguan en el Pánuco, las del Sureste que son recogidas en los cauces del río Buenavista y el de Túxpam.

De la Sierra de Otontepec se desprenden hacia el Este, varios contrafuertes,

entre los cuales menciona los siguientes: de San Pedro por Tamalillo se extiende un contrafuerte con rumbo casi Oriente–Poniente, dirigiéndose para San Francisco y Cerro Azul, bajando las aguas por los ríos de Tancoco y Tancocochín; al Sur del contrafuerte anterior, se encuentra otro con rumbo al Sureste que se prolonga de Tepezintla para el Cerro del Gallo, entre estos dos contrafuertes corre el río Buenavista; entre este último río y el de Gil cerca de Tamapache, se eleva la Sierrita de este último nombre. En las faldas del sur del contrafuerte de cerro Azul, se encuentran los siguientes lugares, de los cuales se ocupa más adelante indicando que en ellos se encuentran las chapopoteras, de Piedra Labrada, Juan Felipe, el Zapotal, Solís y Tierras Amarillas. En la falda oriental del contrafuerte de Tepetzintla y al Sureste de este lugar, se encuentran los contrafuertes de los Horcones, Santa Teresa y Cerro Viejo. De la Sierrita de Temapache para la laguna de Tamiahua, de la de Tampachoco, se extiende una planicie en la que están ubicados San Sebastián y Rancho Nuevo, hacienda de la Asunción y la población de Túxpam.

Existen varios lomeríos al Sur del río Tuxpan hasta el río de Cazones y en otros lugares.

Geología. (Págs. 55 a 56).—En la región de Tuxpan el Neógeno está constituido por margas apizarradas y capas de arena o areniscas intercaladas en las margas; debajo de esta formación hay calizas amarillas fosilíferas, en las cuales se encuentran equinodermus del género *Clypaster*, principalmente en una loma situada al Norte de Túxpam, de donde se saca la piedra para las construcciones y pavimentos. En varios lugares las formaciones del Neógeno se encuentran cubiertas por arcillas amarillentas y por las formaciones recientes de la playa.

En muchos lugares el Neógeno está cortado por basaltos que en forma de conos se encuentran repartidos en esta región, constituyendo el principal material de las Sierras, así como el cerro llamado Chapopote, situado a 4 kilómetros al Noroeste de Tepetzintla. Insiste Villarello en afirmar que en esta región, lo mismo que en la de San José de las Rusias y en la del Ebano, los basaltos en su parte intrusiva han formado especies de barreras impermeables, las cuales dificultan el movimiento lateral, facilitando la circulación ascendente del chapopote; explicando esto, porque en el afloramiento de estas zonas de contacto es en donde se encuentran principalmente las chapopoteras: hace observar que en todas estas regiones es constante la asociación de las chapopoteras con la parte intrusiva de los basaltos, del mismo modo, que en el Itsmo de Tehuantepec las chapopoteras están asociadas con los arrecifes calizos Preterciarios de que hablará más adelante; la estructura general la considera como la de un monoclinal, formando suaves ondulaciones, con pliegues muy abiertos y poco levantados.

Las manifestaciones superficiales del petróleo del subsuelo en la región de Túxpam, què cita, son numerosas, siendo las más importantes las chapopoteras de

Cerro Azul, Juan Felipe, Cerro Solís, Tierras Amarillas, Santa Teresa, Cerro Viejo, Hacienda del Chapopote, Tangüijo, San Marcos, San Sebastián, Chapopotito de los Martínez, etc., etc., en cuanto a las perforaciones existentes solo da indicaciones de una abierta cerca del Rancho de Santa Teresa y de otra a 20 metros de la anterior, que fué hecha por la "Mexican Petroleum & Liquid Fuel Co." que en abril de 1902 tenía 150 metros de profundidad, habiéndose obtenido chapopote fluido.

Considera que los hidrocarburos líquidos de esta región que están más o menos oxidados son chapopotes, pareciéndole que se encuentran en cantidades mucho mayores que en cualquiera de las otras regiones del Golfo indicadas en este estudio.

Papantla. (Págs. 61 a 67). Lámina II.—La región de Papantla se encuentra al Poniente y al Sur–Poniente de la Villa del mismo nombre, cabecera del Cantón. Toda esta zona petrolífera está comprendida entre los 20° 10′ y 20° 17′ de latitud Norte, y entre 1° y 30′ y 1° 45′ de longitud Este de México, encontrándose al Norte de Teziutlán.

La Villa de Papantla se encuentra situada entre los ríos de Cazones y Tecolutla, el terreno es algo accidentado, aunque predominan los lomeríos: las rocas que afloran en esta región son en su mayor parte sedimentarias de la división que denomina Papantla, estando cubiertas estas rocas, sobre todo, en las cercanías del Golfo, por formaciones cuaternarias, y recientes; en otros lugares están ocultas bajo una capa de arcilla de color rojizo y por la tierra vegetal. Estas rocas están constituidas por calizas fosilíferas de color amarillo, en gruesos bancos que afloran en las cercanías de Papantla, Coazintla y otros lugares: sobre estas calizas se encuentran areniscas, margas apizarradas de color gris azulado y arcillas de color rojizo. En el Estado de Puebla se encuentran como prolongación de la misma formación bancos de caliza cretácica de color gris azulado que aflora igualmente en las barrancas de Zomelahuacan, las Minas y Tatatila, Estado de Veracruz. Estas calizas están cortadas y en partes cubiertas por las andesitas del Nauhcampatepetl y en otras partes se encuentran debajo de la labradorita augítica o basaltos pobres de olivino, como sucede cerca del lugar llamado La Garita.

Las principales manifestaciones superficiales del petróleo del subsuelo, se encuentran en Cubas en un cerro llamado de la Mina; en terrenos de Palma Sola existen unos manantiales de chapopote líquido en las faldas Oriente y Poniente del referido cerro. En este lugar, se encuentran abiertos 3 pozos de sección cuadrada, de 1 metro por lado, de los cuales el más profundo alcanzó unos 70 metros; estos pozos contienen chapopote líquido, estando uno de ellos completamente lleno.

En los arroyos Coapechapa y Caliche, así como en terrenos de Jamaya y en las cercanías del Paso de Armadillos y Hacienda de San Pedro de los Miradores, existen pequeñas chapopoteras, etc., etc.

CROQUIS GEOLOGICO

REGION PETROLIFERA DEL ISTMO DE TEHUANTEPEC

ESCALA 1 : 800,000

EXPLICACION

- ■ *Chapopotera o grupo de chapopoteras*
- ● *Perforación o grupo de perforaciones*
- 1 *Caliza preterciaria*
- 2 *Neógeno cubierto en parte por el 3*
- 3 *Cuaternario y Reciente*
- X *Localidad fosilífera*

Se han abierto varias perforaciones, principalmente por la compañía inglesa llamada "Mexican Petroleum & Liquid Fuel Co.," según los datos de Villarello se habían perforado 25, que representan una perforación total de 4297.78 pies, de estos pozos el más profundo apenas alcanzaba unos 378 pies, cortaron algunas capas que contenían agua salada, gases combustibles y vestigios de petróleo; grietas rellenadas con grahamita, habiéndose abandonado todos ellos por no haber alcanzado éxito comercial alguno.

En Furbero se han perforado algunos pozos entre los cuales hay uno que produce 500 barriles diarios de chapopote fluido.

Deduce el señor Villarello, que la región de Papantla, en cuanto al petróleo, es relativamente de poco valor comercial; solamente en los alredores de Cubas o Furbero tiene importancia y valor comercial, pero esta última zona es de corta extensión.

Itsmo de Tehuantepec. (Págs. 69 a 81). Lámina III.—Las manifestaciones superficiales del petróleo en el Itsmo se encuentran entre los 17° 25′ y 18° 5′ latitud Norte y entre 4° 5′ y 5° 15′ de longitud Este de México; esta zona se encuentra ocupada en gran parte por los Cantones de Acayucan y Minatitlán, del Estado de Veracruz, estando limitados al Norte por el Golfo de México, y al Sur por el Estado de Oaxaca; por el Poniente, por los Cantones de Cosamaloapan y Tuxtla, y por el Oriente, con el Cantón de Minatitlán, pertenecientes todos al Estado de Veracruz, el Cantón de Minatitlán linda por el Oriente con el Estado de Tabasco.

En terrenos pertenecientes al Estado de Oaxaca, se levanta la Sierra del Itsmo, la cual atraviesa el terreno en la dirección Oriente–Poniente, encontrándose en ella los cerros llamados Sarabia, Tarifa, Chimalpa; la altura de esta Sierra es apenas de 250 metros sobre el nivel del mar, establece la división de las aguas en el Itsmo en las dos cuencas, la del Atlántico que se reune en el río de Coatzacoalcos y la del Pacífico que bajan por el río de Tehuantepec.

Al Norte de la Sierra del Itsmo se extienden bastas llanuras que con pendiente muy suave, bajan de Acayucan por el Este; de San Cristóbal para el Oeste, se presentan planos ligeramente inclinados que vienen a reunirse hacia abajo, en el río Coatzacoalcos; todo este territorio está cubierto por una rica vegetación, encontrándose además surcado por numerosas corrientes de agua, afluentes del río Grande o del Coatzacoalcos, entre los cuales se citan como principales los ríos de Chalachijapa, Coachapán y Uspanapa en la rivera derecha, y los ríos Sarabia, Jumapa, Caltepec, Naranjo, Pajapan y Tierra Nueva en la margen izquierda del Coatzacoalcos; en los alrededores de Sayula se encuentran lomas que separan a las aguas que por el Poniente, descienden por el río de San Juan, de las que por el Oriente, bajan para el río de Coatzacoalcos. En varios lugares de las planicies que descienden de la Sierra del Itsmo para el Golfo de México, hay pequeños

cerros aislados, de poca elevación que interrumpen la monotonía de la extensa planicie, citando como ejemplos, los cerros llamados: Cantera, Medias Aguas, los de Chinameca, los de Jáltipan y los muy bajos de Chapo y San Cristóbal, siendo la forma de estas eminencias arredondada.

Una gran parte de esta zona es pantanosa, encontrándose varias lagunas que se reunen entre sí en tiempo de lluvias, desaguando en los ríos ya indicados.

Geología. Las rocas que se encuentran son sedimentarias en su mayor parte Terciarias, a veces cubiertas por formaciones cuaternarias hacia el Norte; cretácicas en el Centro y Sur, y arcaicas en las cercanías de Tehuantepec.

Las capas cuaternarias, constituidas por arcillas, arenas y gravas, son prácticamente horizontales, encontrándose en estratificación discordante con las capas Terciarias que cubren, habiendo sido cortadas por los tajos del Ferrocarril N. de Tehuantepec desde el kilómetro 35, cerca de la Estación de Cinameca. Las capas Terciarias también afloran más al Norte de este lugar, en el Rancho de Trujillo, cercano al llamado del Chapopote.

El Terciario está formado por capas de marga de color gris o gris azulado, plásticas o duras, a veces apizarradas, entre las cuales se hallan capas de arena sueltas o de areniscas a veces calcáreas, otras veces silizosas y duras como la que aflora en las cercanías del pueblo de Sayula.

Las margas grises son fosilíferas en los kilómetros 35, 70, 104, 124 y 127 del ferrocarril; estos fósiles han sido clasificados por el Dr. Bosse como pertenecientes al Mióceno superior y Plióceno. En el kilómetro 164 aflora el Mesocretácico, formado por calizas de rudistas, en estratificación discordante con las capas Terciarias antes mencionadas, más al Sur, desde Mogañé, aparecen las areniscas y pizarras sobre las cuales se apoyan las calizas Mesocretácicas; esta sobreposición se observa en varios lugares, al bajar la Sierra del Itsmo. En las cercanías de Tehuantepec aflora el Arcaico, constituido por gneiss anfibólico y leptinita intercalada; por último, en el puerto de Salina Cruz se encuentran las granulitas de la costa del Pacífico.

Hay que mencionar, además, una caliza cristalina en grandes bloks, surcada por multitud de grietas; esta caliza probablemente Cretácica, con seguridad Preterciaria, constituye arrecifes que afloran en varios lugares: Rancho del Alquitrán, al S. W. de San Cristóbal, cerca de Chinameca, y en medias aguas, en donde constituyen los pequeños cerros denominados: la Cantera y Cabeza de Perro.

La estructura general es la de un anticlinal asimétrico, ligeramente plegado, muy abierto, descopetado por la erosión, cuyo eje tiene un rumbo variable entre 75° y 80° N. W. en Sayula, sufriendo una pequeña inflexión al Poniente de San Cristóbal, en este lugar su dirección es Oriente–Poniente.

Además del anticlinal anterior, que el señor Villarello llama de San Cristóbal, las capas margosas Terciarias, casi horizontales en Santa Lucrecia se levantan

un poco para formar otro anticlinal asimétrico, muy cerrado al Sur de este lugar, muy cerca de la Estación de Cárdenas.

Las manifestaciones petrolíferas superficiales, se encuentran solamente en el Neógeno de la localidad, en los flancos del anticlinal de San Cristóbal.

En la ribera derecha de la Laguna de las Salinas, en terrenos de Otapa, se encuentra el lugar llamado Chapo, en donde existe una manifestación petrolífera consistiendo en una chapopotera de consistencia viscosa, que ha impregnado a la arcilla y arenas superficiales, ocupando una superficie circular de 30 metros de diámetro, en la actualidad no produce nada; muy cerca de la anterior existe una chapopotera de menor importancia, encontrándose muy cerca un cerrito de muy poca elevación, formado por la caliza cristalina agrietada; en algunas de estas grietas se encuentra chapopote muy viscoso, a veces duro, siempre en pequeñas cantidades.

En la margen derecha del río Coapa, al Noreste del desembarcadero Amezquite y cerca de este lugar, se encuentra el Rancho de San Cristóbal; como a dos kilómetros al S. W. se halla un manantial de chapopote fluido de producción insignificante; al S. W. de Chapo, en la margen derecha del río Coatzacoalcos, existe un manantial pequeño de chapopote viscoso, en el lugar llamado Coapiloya.

Al S.W. de Acayucan, como a 16 kilómetros al W. de la Estación Almagres, kilómetro 69 del Ferrocarril N. de Tehuantepec, se encuentra el pueblo de Sayula; a 2 kilómetros al Poniente de ese pueblo, en una zanja pequeña, hay un pozo de 1 metro de profundidad, conocido con el nombre de pozo número 4, en el cual, por una grieta de las margas Terciarias, ha brotado una cantidad insignificante de chapopote viscoso; a unos 10 metros hay otro pozo llamado número 5, en el cual se encuentran las mismas capas Terciarias que en el anterior; arena encima, después margas, y en seguida, otra capita de arena con olor de petróleo muy poco perceptible. Como a 200 metros de los anteriores al E. se ha pretendido encontrar manifestaciones petrolíferas en el pozo número 1, un charco de agua del cual se desprende gas de los pantanos en pequeña cantidad, el pozo número 2, que contiene agua; por último, en el pozo número 3, casi en la superficie del terreno, se encuentra una capita turbosa insignificante; a 1 metro más abajo, profundidad total del pocito, se hallan margas con azufre y yeso en pequeñas cantidades.

Al Norte del pueblo de Jaltipa, a unos 6 kilómetros de distancia, en el lugar conocido con el nombre de potrerillos de Buena Vista, cerca del arroyo del Salitre hay varios, pero muy pequeños manantiales de chapopote.

Al Norte de Chinameca, se encuentra la Laguna de Tanapa, y en terrenos de Tonalapa, en el Rancho llamado del Chapopote, se encuentra muy poco chapopote revuelto con arena. Cerca de la Estación de Medias Aguas, en el kilómetro 28 del Ferrocarril de Tehuantepec se encuentra el Cerro de la Cantera, que es un arrecife formado por calizas Preterciarias, en grandes bloks, muy agrieta-

das; por las grietas de esta caliza han circulado aguas superficiales que disolvieron en parte a la caliza, encontrándose en algunas de estas grietas y en las cavidades chapopote fluido en pequeñas cantidades, acompañado de yeso y azufre libre. Da cuenta de otros lugares en que las indicaciones petrolíferas, también en el concepto del señor Villarello, no tienen importancia.

En Chapo se encuentra el pozo número 1 llamado el Chato, alcanzó una profundidad de 320 metros, está abandonado; el pozo número 2 de Chapo, se perforó a 300 metros de distancia del anterior, no ha producido chapopote, cortando según el señor Villarello, las siguientes capas:

En la superficie	Arcilla.
De los 3.35 a los 9.45 mts	Arena.
A los 12.50 mts.	Chapopote viscoso.
„ „ 15.25 „	Marga gris.
„ „ 30.50 „	Caliza.
„ „ 45.75 „	Calizas amarillentas de grano fino.
„ „ 61 a los 152.50 mts.	Marga gris apizarrada.
„ „ 167.75 mts.	Arenisca calcárea, encontrándose agua salada.
„ „ 189.25 „	Marga gris.
„ „ 213.50 „	Marga y arena.
„ „ 224.17 „	Caliza y yeso con poco azufre.
„ „ 230.27 „	Arena.
„ „ 250.10 „	Arena con azufre.
„ „ 259.25 „	Yeso con poco azufre.
„ „ 265.35 „	Caliza y yeso con azufre.
„ „ 273.00 „	Calizas con poco yeso.
„ „ 274.50 „ hasta 305 mts.	Marga con poco yeso.
„ „ 306.52 „	Marga con caliza y azufre.

En las demás perforaciones se encontraron casi las mismas capas, variando solamente, en que se descubrieron más impregnaciones de chapopote y haberse encontrado agua salada, obteniéndose chapopote solamente del pozo de Jaltipan número 2, aunque periódicamente y en pequeña cantidad.

Por último, el señor Villarello saca como conclusión, que bajo el punto de vista comercial no son comparables los receptáculos petrolíferos subterráneos de Beaumont, con los del Itsmo de Tehuantepec.

ORIGEN DEL PETROLEO

(Páginas 83 a 92.)

El señor Villarello se declara partidario convencido del origen ANIMAL del petróleo, como resultado del conjunto de las observaciones geológicas, hechas en las regiones petrolíferas descritas por él en el Boletín número 26 que vengo extractando, en que afirma que, el petróleo de la costa del Golfo de México, parece ser un producto de la descomposición de la materia animal proporcionada por una Fauna Marina que se extinguió paulatinamente al variar el nivel del mar en esa región.

Estudia también la asociación del petróleo con el yeso, sacando como conclusión, que éste no interviene en la formación del petróleo.

Sobre el azufre que igualmente se encuentra asociado con los petróleos del Golfo de México, sostiene que no es un producto accesorio de la formación de esos hidrocarburos, sino que se debe a la reducción del sulftato de cal por la acción reductora de los mismos hidrocarburos.

Hace notar que la presencia de las incrustaciones de azufre en la superficie del terreno, la de los manantiales de agua sulfurosa y los desprendimientos de hidrógeno sulfurado, no siempre son indicios de la presencia del petróleo en el subsuelo; como igualmente la ausencia de estas manifestaciones, tampoco prueba la ausencia del petróleo en la profundidad.

DISTRIBUCION PROBABLE DEL PETROLEO EN EL SUBSUELO

(Páginas 93 a 109.)

Hasta las profundidades alcanzadas en los diversos pozos mencionados en este trabajo, según el señor Villarello, se puede decir que los receptáculos petrolíferos subterráneos de la costa del Golfo de México, no parecen ser primitivos, sino secundarios; es decir, que el petróleo no se formó en las capas ya cortadas, sino que se acumuló en ellas, después de haber caminado errante y por grietas, desde los receptáculos primitivos hasta encontrar estratos o lugares apropiados a su acumulación.

En la discusión sobre las condiciones que son indispensables para que las acumulaciones de petróleo puedan verificarse y de los datos obtenidos por las perforaciones en las diversas regiones, saca las siguientes consecuencias: (*a*) en las

regiones estudiadas por el señor Villarello, existen capas impermeables, pero no son porosas, y cuya permeabilidad en grande, debida a las grietas que las cortan, es para el chapopote muy pequeña o nula en esta clase de rocas que se encuentran desde la superficie hasta la profundidad de las perforaciones; (*b*) pero intercaladas en ellas se encuentran lentes y estratos permeables, formados por arenas sueltas y areniscas; en Sabaneta, en el Ebano, en Chapo y en Jaltipan, las perforaciones han cortado capas de areniscas calcáreas y areniscas silizosas, rocas que afloran principalmente en Sayula, en el Itsmo de Tehuantepec; (*c*) la presencia de este cemento calizo o silizoso, debido a la circulación de las aguas que depositaron estos compuestos al pasar por las capas de arena, disminuye o nulifica la porosidad de estas capas: hace notar que las arenas son de grano muy fino, lo cual contribuye a hacerlas muy poco porosas, concluyendo por afirmar que las areniscas en las regiones mencionadas son muy poco porosas; (*d*) el grado de porosidad variando en una misma capa: insiste en afirmar que las lentes petrolíferas subterráneas de esas regiones se encuentran muy diseminadas, debiéndose tener en cuenta para los fines comerciales; (*e*) que siendo las capas en donde se puede acumular el petróleo por lo general muy poco porosas, serán muy pequeñas las acumulaciones. Otra de las circunstancias que hace difícil la circulación del chapopote, es la de que la emigración se hace por grietas capilares o muy angostas, pues las formacionnes del Terciario en la costa del Golfo de México apenas si se encuentran ligeramente plegadas; (*f*) añadiéndose a esto la estructura monoclinal en varias de las regiones estudiadas, y en otras la forma inconveniente de los anticlinales, su muy poca inclinación en los flancos y su mucha pendiente en las cercanías de las crestas, que no han sido favorables para la emigración fácil del chapopote, por las capas de separación de los estratos, ni para su acumulación en grandes receptáculos petrolíferos de origen secundario.

En opinión del señor Villarello, (*g*) las zonas de contacto entre las rocas sedimentarias y las partes intrusivas de los basaltos, compensaron en parte la desfavorable estructura monoclinal, facilitando la emigración del chapopote de la profundidad hacia la superficie del terreno, permitiendo las acumulaciones del chapopote en receptáculos directamente comunicados, con las referidas zonas de contacto; recomienda, por consiguiente, que cuando existan chapopoteras en los contactos, deben hacerse allí las primeras perforaciones exploradoras, las que cuentan con probabilidades de éxito comercial, dando además datos muy interesantes para poder opinar con fundamento, acerca del valor comercial de la región petrolífera que se estudie y explore.

IMPORTANCIA RELATIVA Y EXPLORACION DE LAS REGIONES PETROLIFERAS DESCRITAS

(Páginas 111 a 116.)

Insiste nuevamente en que la estructura del terreno en las regiones descritas, no es la más favorable para permitir grandes acumulaciones de petróleo en el subsuelo; (*h*) sino que los hidrocarburos, en vez de reunirse, quedan diseminados en lentes generalmente pequeñas; (*i*) distribuidas en una gran extensión superficial.

Opina que los hidrocarburos líquidos que más comunmente se obtengan al abrir pozos en las zonas petrolíferas de los Estados de Tamaulipas, San Luis Potosí y Veracruz (*j*) serán bastante densos, escasos en aceites iluminantes, de color negro y de base asfáltica.

Desde el punto de vista comercial, dice que son comparables las regiones de Tuxpan, desde San Jerónimo y Tepetzintla, por Cerro Azul, Tierras Amarillas y Cerro Viejo, hasta la Hacienda de Chapopote, al Poniente de Tuxpan; Cubas en el Cantón de Papantla; la Parte Sur–Este de la región de Tantoyuca, cerca de los basaltos; El Ebano y San José de las Rusias, *siendo la primera región la más importante;* son de menor importancia industrial que las anteriores: Aquismón, Tantoyuca en su parte Norte, Motzorongo, Sabaneta, Comalteco, Espinal, y los Cantones de Jalacingo y Mizantla. En el Itsmo de Tehuantepec, la zona más interesante, *tal vez la única de importancia comercial;* como petrólífera, es la de San Cristóbal

Termina diciendo que es muy probable que se obtengan bastantes cantidades de chapopotes fluidos y viscosos, al hacer perforaciones en varios lugares de las regiones descritas, siendo posible que se encuentren hidrocarburos líquidos *menos densos, al hacer perforaciones bastante profundas.*

Teniendo en cuenta todo lo anterior, y en espera de que se hagan mayores trabajos de exploración, suficientemente exactos para emitir más adelante opiniones mejor fundadas, acerca del valor comercial de las regiones petrolíferas, recomienda que se deben emprender las exploraciones, pero que deberán hacerse con *criterio científico, con método* y con mucha *precaución,* para evitar los fracasos y la pérdida de los cuantiosos capitales, que es necesario invertir en esta clase de exploraciones.

México, 7 de julio de 1917.

EXTRACTO SOBRE EL ARTICULO TITULADO

"LOS YACIMIENTOS DE PETROLEO EN MEXICO"

Tomado de la obra "Petroleum" por Sir Boverton Redwood, Bart., tercera edición, año de 1913

En las páginas 95 a 98, Redwood dice que las indicaciones petrolíferas superficiales eran conocidas desde hace muchos años en los Estados del Golfo, pero las exploraciones formales sólo se emprendieron en los años 1880 en adelante; divide los numerosos yacimientos en tres grupos principales: los del Norte, los del Itsmo de Tehuantepec, y los de Chiapas y Tabasco: los primeros comprendidos en una faja de la costa del Golfo, limitada al Norte por el río Bravo; al Sur, hasta el río de Tecolutla; al Oriente, por la costa del Golfo, y al Poniente, por la Sierra Madre Oriental: los segundos comprenden todo el Itsmo de Tehuantepec, y los terceros los Estados de Chiapas y Tabasco.

Apunta que se han encontrado señales de la existencia de petróleo en el Estado de Chihuahua, en las cercancías de Puerto Angel, en el Estado de Oaxaca, en donde las muestras de petróleo obtenido son de muy buena calidad.

En general, los petróleos de los campamentos del Norte tienen una densidad que varía entre 10° y 14° Bé. En los del Sur, se encuentran aceites más ligeros. El petróleo de los yacimientos de San Cristóbal tiene una densidad comprendida entre 26° y 43° Bé. Los aceites del Ebano dan 1% de gasolina y 10% de aceite iluminante. El petróleo de Minatitlán da 11% de gasolina y 25 a 26% de aceite iluminante de muy buena calidad, además de una cantidad considerable de gas oil y aceite lubricante.

El aceite de Tabasco presenta caracteres muy semejantes al de Pennsylvania y los productos de refinación son casi iguales a los anteriores.

La cantidad de azufre que por lo general contiene el petróleo crudo de México, es bastante alta, comprendida entre 4 a 15%, siendo de 3% en el petróleo de San Cristóbal.

En la página 190 y en la 191 dice que se asegura hay abundancia de yacimientos petrolíferos en la Baja California, principalmente en la costa oriental y en la Isla del Carmen. En los Estados de Chihuahua y de Durango existen no-

ticias vagas sobre la presencia del petróleo que se presume sea en pequeñas cantidades; en el lago de Chapala se encuentran manantiales de petróleo y de chapopote; en Guadalupe, Distrito Federal, se encuentran natas de petróleo que mana de las rocas volcánicas, recogiéndose cosa de 3 litros diarios que se venden para aplicarlo como medicina para uso externo; este comercio tiene una existencia de más de doscientos años. Se tienen noticias de la existencia de petróleo en Salitre de Méndez, en el Estado de México, en una tierra de diatomeas que lo contiene.

El petróleo y el asfalto se encuentran en los alrededores de Huauchinango, Estado de Puebla, siendo probablemente una continuación de los yacimientos petrolíferos de Veracruz; los depósitos de Real del Monte, en el Estado de Hidalgo, los de Matamoros Izúcar, Chiautla y Acatlán, del Estado de Puebla; los del Estado de Tlaxcala; los de Tlaquitenango, en el Estado de Morelos, y los de Huetamo y Otzumatlán en Michoacán, que han sido descritos como yacimientos de carbón mineral, siendo realmente depósitos de materias asfálticas. Esquistos muy bituminosos, que dan por destilación un aceite pesado de malísimo olor, se encuentran a corta distancia al Poniente de la ciudad de Tlaxiaco, en el Estado de Oaxaca, estando caracterizados por los fósiles que contienen como pertenecientes a las formaciones del Neocomiano Medio. Cerca de Pochutla y Puerto Angel, en el mismo Estado de Oaxaca, se encuentra aceite ligero que se saca de pozos escavados a mano, no brotantes, de unos cien metros de profundidad; habiendo pocas probabilidades de que tengan una producción comercial de gran valor, puesto que las formaciones del terreno constan de granito gneisico, granulitas, cuarzitas, mármoles y otras rocas, probablemente del Arcaico, cubiertas en la superficie por materiales arenanaceos y arcillosos, derivados parcialmente por la desintegración *in situ* de las rocas subyacientes y en parte como depósitos lacustres o de los ríos, que parecen haberse saturado localmente de aceites e hidrocarburos que provienen de la descomposición de materias orgánicas depositadas en los lagos o lagunas.

En la mayor parte de los Estados orientales de la República Mexicana existen grandes acumulaciones de asfalto; en estos Estados se han hecho con éxito varias perforaciones. En Tamaulipas y en la parte Noreste de Veracruz, las formaciones superficiales que se encuentran cerca de los depósitos de asfalto, son esquistos grises pertenecientes al Cretácico, o areniscas del Terciario, muy frecuentemente cortados por rocas volcánicas y diques de la misma naturaleza. Las perforaciones han atravesado dos o tres mil pies de las formaciones anteriores, antes de cortar el horizonte principal productivo que se encuentra en la caliza dolomítcica Neocomiana. En el Cantón de Túxpam, una parte de la producción se ha obtenido a poca profundidad de las areniscas del Terciario.

Las exploraciones recientes en las que se han logrado pozos de gran produc-

ción en las cuencas de los ríos Pánuco y Tamesí, en Ebano, Topila y otros varios lugares, como en San Diego de la Mar, cerca de la laguna de Tamiahua, que probablemente ha sido la producción más grande de que se tiene noticia, proviene la caliza del Neocomiano, aunque desgraciadamente se perdió a causa de un incendio. Más al Sur, en el Valle de Buenavista, tributario del de Túxpam, se ha obtenido de la misma caliza, una producción de 60,000 barriles diarios. Las indicaciones superficiales se extienden al Suroeste en el Valle de Tecolutla y sus tributarios, habiéndose logrado una producción considerable de los pozos de Furbero, que se encuentran al Poniente de Papantla, en donde las perforaciones han atravesado los esquistos cretácicos hasta llegar a las calizas Neocomianas. El asfalto y el petróleo que se encuentran en el Cantón de Jalacingo, son la prolongación de las formaciones indicadas antes; al Sureste tiene un origen geológico semejante. Se dice que el petróleo mana, acompañado de un gas de las calizas Cretácicas, que se encuentran a 30 millas al Sur del Puerto de Alvarado: al Oriente de este lugar, en la amplia cuenca Terciaria de los ríos de San Juan, Coatzacoalcos y Tanchoápam, existen exhudaciones superficiales de aceites asfálticos a lo largo de líneas bien marcadas en Sayltepec, Jaltipan, Trujillo, Pahuatla, Molocán, los Changos, San Cristóbal, Pajapa, Sayula, Medias Aguas, etc. Varios campos han sido desarrollados en el Itsmo de Tehuantepec en las condiciones de los yacimientos de petróleo que se aproximan mucho a la de los criaderos de Texas: el principal horizonte productivo se encuentra en una caliza dolomítica asociada con grandes masas de yeso y de sal gema.

El petróleo se encuentra en las formaciones del Terciario, en los Distritos de Macuspana, en Tabasco y Pichucalco, en Chiapas, se tiene noticia de la existencia de grandes lechos de asfalto en la parte superior del curso del río Grijalva, en Chiapas, probablemente en donde predominan las rocas del Cretácico. Se afirma que existe petróleo en Yucatán.

México, julio 25 de 1917.

OBSERVACIONES SOBRE ESTE ARTICULO

Del Estado de Durango, no se tienen hasta hoy datos fehacientes sobre la existencia de combustibles fósiles en cantidades suficientes que ameriten su explotación.

En el lago de Chapala, realmente no existen manantiales de petróleo ni de chapopote, sino indicaciones de hidrocarburos, que provienen indudablemente de la descomposición o fermentación de las plantas acuáticas y de los restos de animales; estos hidrocarburos que no han llegado a analizarse debidamente, son

distintos de los hidrocarburos que provienen de los yacimientos petrolíferos, encontrándose en condiciones que no les permite acumularse en los estratos del subsuelo.

De las rocas volcánicas de Guadalupe, Distrito Federal, no mana petróleo, sino que el poco que se ha obtenido hasta ahora, proviene de las capas profundas calizas y margosas del Cretácico, que se encuentran cubiertas por las rocas volcánicas modernas que constituyen los macizos montañosos de la Sierra de Guadalupe.

En los alrededores de Huauchinango, Estado de Puebla, no se tienen noticias ciertas de la existencia del petróleo, aunque las formaciones Cretácicas están ampliamente representadas, así como las del Jurástico inferior y superior, no siendo difícil que se lleguen a encontrar yacimientos de esta naturaleza, pero hasta ahora no se han llegado a localizar.

Los depósitos petrolíferos, o mejor dicho, yacimientos petrolíferos de Real del Monte, en el Estado de Hidalgo, no existen.

En los Distritos de Matamoros Izúcar, Chiautla y Acatlán, que pertenecen al Estado de Puebla, se encuentran verdaderos lechos de lignitas, bastante bituminosas; hasta estas fechas no se tienen datos reales sobre la existencia de yacimientos netamente petrolíferos.

Los que se han señalado en los Estados de Morelos y de Tlaxcala, tampoco han sido confirmados por las exploraciones que se han hecho; en igual caso se encuentran los de Otzumatlán y de Huetamo, en el Estado de Michoacán.

Los esquistos bituminosos que se encuentran en los alrededores de la ciudad de Tlaxiaco, en el Estado de Oaxaca, y en otras partes de las Mixtecas, tampoco deben considerarse como petrolíferos, aunque sometiéndolos a la destilación se obtenga un aceite iluminante, semejante al petróleo, como no se consideran como petrolíferos los esquistos y pizarras bituminosas de varias localidades europeas que se destinan industrialmente para obtener de ellas, por medio de la destilación, aceites iluminantes y medicinales.

Respecto a los yacimientos de petróleo de Puchutla y Puerto Angel, en el mismo Estado de Oaxaca, que Sir Boverton Redwood considera como de muy escasas probabilidades para que lleguen a producir grandes cantidades de petróleo, no proviene, como lo indica Sir B. Redwood, de la descomposición de las materias orgánicas depositadas en los lagos o lagunas. (¿Cuáles lagos o lagunas?): lo más probable es que su origen se deba a la transformación de las substancias orgánicas de las calizas, tal vez Carboníferas (?) que acompañan al granito gneisico, granulitas, cuarzitas, y además, rocas de origen ígneo que han sido clasificadas como rocas de la Era Arcaica (?).

En varios de los Estados orientales de la República Mexicana, dice que existen grandes acumulaciones de asfalto; hasta ahora sólo en los Estados de Tamau-

lipas, y principalmente Veracruz, es en donde se han encontrado un gran número de "Chapopoteras" que están muy lejos de constituir grandes acumulaciones de asfalto; lo que sí se ha encontrado en cantidades asombrosas, son petróleos de base de asfalto, siendo el chapopote, en la verdadera acepción de la palabra, un petróleo crudo del que han desaparecido parcialmente los hidrocarburos ligeros por una oxidación dentro del criadero mismo.

La caliza dolomítica Neocomiana, que dice encontrarse en las perforaciones que han llegado a tres mil pies de profundidad, no existe: en todos los campos petrolíferos de las costas del Golfo, en donde se han hecho algunos millares de perforaciones, no se ha llegado a descubrir ninguna dolomía; en cambio, se han llegado a encontrar las calizas de Tamasopo, que algunos consideran como el horizonte productor de petróleo, aunque los hechos demuestren que el petróleo se ha acumulado principalmente en los estratos de esquistos margosos de San Felipe o de Méndez.

M. Bustamante (h.)

EXTRACTO DEL ARTICULO TITULADO

"EJEMPLOS PROBABLES DE TUBOS DE ERUPCION"

POR EZEQUIEL ORDOÑEZ

Memorias de la Sociedad Alzate, Tomo XXII, Págs. 141 a 150,
Años de 1904 a 1905.

El señor Ordóñez, al hacer un estudio de los terrenos petrolíferos del Ebano, situados de uno y otro lado de los límites de los Estados de San Luis Potosí y Veracruz, explotados por la "Mexican Petroleum Co.," en vista de las rocas atravesadas por las perforaciones hechas en busca del petróleo que había emprendido la Compañía, tuvo ocasión de darse cuenta de la estructura interna de los cerros volcánicos de pequeña elevación, unos cuarenta metros sobre la superficie del terreno, de forma cónica, que interrumpen la monotonía de las planicies de la costa: habiéndose localizado varios de los pozos en las faldas de estos cerros, por encontrarse en ellas las chapopoteras: llegando a la conclusión de que a la profundidad no persiste la forma cónica, sino que son los derrames exteriores de tubos de erupción, que son muy frecuentes en otras partes del mundo, que no han llegado a plegar a los estratos sedimentarios que atraviesan, ni se ha encontrado el basalto a la profundidad, como debiera, si la forma cónica persistiera a la profundidad.

La presencia de las chapopoteras en estos lugares, las explica como el resultado de las inyecciones del petróleo que se encuentra acumulado en el interior de los depósitos en la roca sedimentaria, por la gran presión de los gases que acompañan siempre a los hidrocarburos líquidos o viscosos, al través de grietas naturales que existen, principalmente en la zona del contacto entre las rocas sedimentarias por una parte y por la otra las rocas volcánicas intrusivas.

México, 26 de julio de 1917.

EXTRACTO DEL ARTICULO EN INGLES POR L. G. HUNTLEY

TITULADO

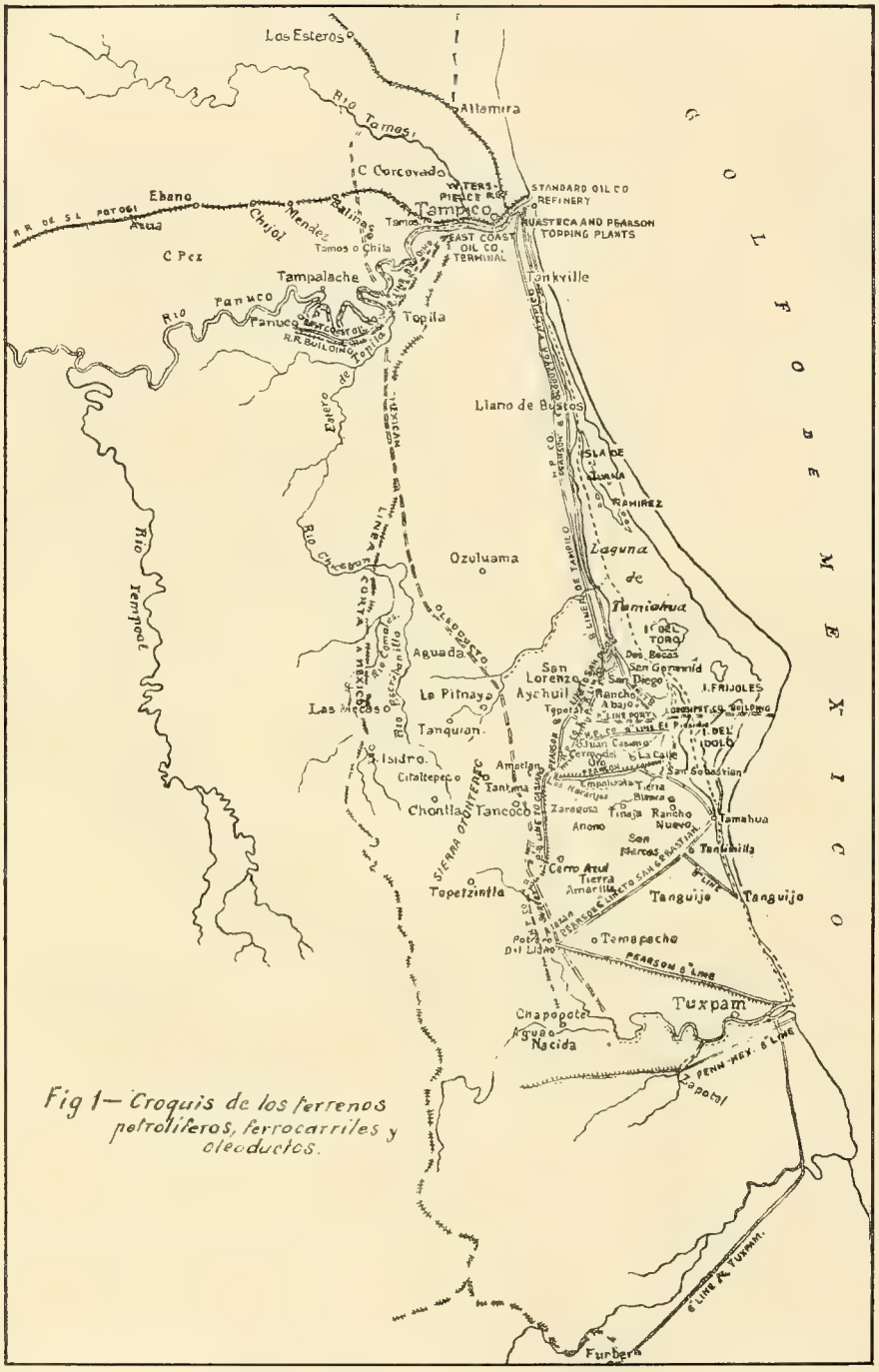
"CAMPOS PETROLIFEROS MEXICANOS"

(San Francisco Meeting, septiembre 1915)

Historia de la Explotación del Petróleo en México

La existencia de petróleo o de alquitrán mineral en México, se encuentra mencionada en las obras del Padre Sagahún, publicadas en el siglo XVII, dándole el nombre de Chapopote, que es el nombre indio con que se designa el asfalto, cuyos usos eran aparentemente los mismos a lo que lo han dedicado todos los pueblos primitivos en varias partes del mundo, es decir, en las ceremonias religiosas y como medicamento. Algunos viajeros afirman que en las ruinas de Yucatán y en las pirámides del sur de México, existen indicios de haberse usado el chapopote en las construcciones como mezcla o mortero.

Señala varias tentativas infructuosas para la explotación del aceite o gas que se hicieron desde el año de 1865 en San José de las Rusias; en 1868 se perforó un pozo de 125 pies de profundidad en Furbero, que produjo un poco de petróleo y que fué refinado en la misma localidad; en 1873 fueron trabajados, cerca de Tempoal, en el Cantón de Tantoyuca, los yacimientos de asfalto, no intentándose ninguna perforación; entre los años de 1880 y 1883, se hicieron algunas perforaciones poco profundas en busca de petróleo, dos de las cuales se encontraban cerca de Potrero del Llano, al Oeste de Túxpam; otras varias abortadas tentativas se hicieron entre 1885 y principios del siglo actual en el Estado de Veracruz, habiendo llegado a alcanzar el pozo más profundo 1,500 pies; no fué sino hasta el año de 1901, por el mes de mayo, que se obtuvo el primer éxito en uno de los pozos de El Ebano; otras muchas tentativas de perforación en busca de petróleo se hicieron además de las indicadas, tanto en el Estado de Veracruz, como en el de Tamauilipas; en Guadalupe, Distrito Federal; Chiapas, Tabasco, e Istmo de Tehuantepec, habiéndose organizado varias compañías para explotar a


Los Esteros
Altamira
Rio Tamesi
C Corcovado
Ebano
Chijol
Mendez
Tampico
Tamos o Chila
C Pez
Tampalache
Panuco
Rio
Topila
Llano de Bustos
Ozuluama
Laguna de Tamiahua
Rio Tempoal
Aguada
San Lorenzo
Aychuil
Le Pitnaya
Tanquian
Chontla
Tancoco
Topetzintla
Tuxpam
Chapopote
Agua Nacida
Tamahua
Tanguijo
Temapache
Furbero
GOLFO DE MEXICO
STANDARD OIL CO REFINERY
HUASTECA AND PEARSON TOPPING PLANTS
EAST COAST OIL CO. TERMINAL
Tankville
ISLA DE LOBOS
RAMIREZ
I. DEL TORO
I. FRIJOLES
I. DEL IDOLO
Fig 1— Croquis de los terrenos petrolíferos, ferrocarriles y oleoductos.

tajo abierto los depósitos de asfalto de los Cantones de Túxpam y Ozuluama sin resultado comercial.

En 1904, la casa Pearson hizo perforaciones en Furbero y su primer pozo fué terminado con buen éxito; el pozo núm. 1 de la Pez, fué también terminado, siendo el primer gran pozo productivo, y desde entonces no ha dejado de producir aceite; en 1907 se perforó con más actividad en los cantones de Ozuluama y de Túxpam, habiéndose obtenido pozos en San Diego, el Tumbadero, Juan Casino (La Pitahaya), Tampalache; habiéndose principiado también a perforar en los Esteros, Estado de Tamaulipas.

En 1908, principió a trabajar la Refinería de Minatitlán, de la casa Pearson: en mayo del mismo año se terminó el pozo núm. 2 de San Diego, en el campamento de Dos Bocas, con una producción de 2,500 barriles diarios; el 4 de julio, brotó el famoso pozo núm. 3 de San Diego, el cual se incendió inmediatamente, ardiendo hasta que fué extinguido por el agua salada que lo invadió. El Campo de Chijol, en el distrito del Ebano, y el campo de Topila, inauguraron importantes producciones de aceite de los terrenos petrolíferos mexicanos; siguiendo los pozos de Pánuco, de Tagüijo y San Pedro, los pozos núms. 6 y 7. de Juan Casiano con una producción de 14 barriles diarios y otro de 2,800, terminándose el oleoducto de 8 pulgadas desde este campo hasta Tampico.

En 1912, el Gobierno decretó un impuesto de $ 0.20 veinte centavos por tonelada métrica de petróleo, que se produjera en la República.

La Huasteca Petroleum Co. dió principió a la construcción de una grande flota de buques-tanques para el transporte de sus productos.

En 1913 se obtuvieron dos buenos pozos en el campamento del Alamo, cerca del Potrero del Llano. Los campos de Chila Salinas y de Topila comenzaron a sufrir en su producción, por la invasión del agua salada. En Amatlán se logró el pozo de los Naranjos, que rompió su válvula, resultando ser uno de los mayores productores de petróleo, con una producción de 50,000 barriles diarios.

En diciembre 1º, el Gobierno aumentó el impuesto a ($ 0.75) setenta y cinco centavos por tonelada de petróleo crudo, proponiéndose, además, un proyecto para la nacionalización del petróleo, no habiéndose llevado a efecto esto último.

En enero de 1914 brotó el gran pozo de La Corona, en Pánuco, cuya producción diaria se estima en 100,000 barriles.

La siguiente tabla muestra la producción anual de petróleo crudo en los campos petrolíferos mexicanos desde 1904; advirtiendo que en los últimos años no representa toda su capacidad productiva que es mucho más grande: la producción aparente actual es de unos 70,000 barriles diarios, pero las nuevas perforaciones son capaces de producir 330,000 barriles diarios, estimándose por autoridades dignas de confianza que esta capacidad es de 500,000 barriles.

AÑOS	BARRILES (42 galones)	AÑOS	BARRILES (42 galones)
1904	200,000	1910	4.099,000
1905	300,000	1911	13.655,488
1906	500,000	1912	16.844,066
1907	1.000,000	1913	24.574,500
1908	3.481,000	1914	25.725,403
1909	3.765,000		

Al finalizar el año de 1914 existían 52 compañías que operaban en los terrenos petrolíferos de México, habiéndose organizado unas 200 más para la explotación petrolífera ya en un sentido o en otro. La mayor parte de las compañías son americanas, siendo las excepciones: la casa Pearson (inglesa), la Dutch–Shell (inglesa–holandesa) y cierto número de compañías mexicanas, que operan especialmente en Pánuco y Topila.

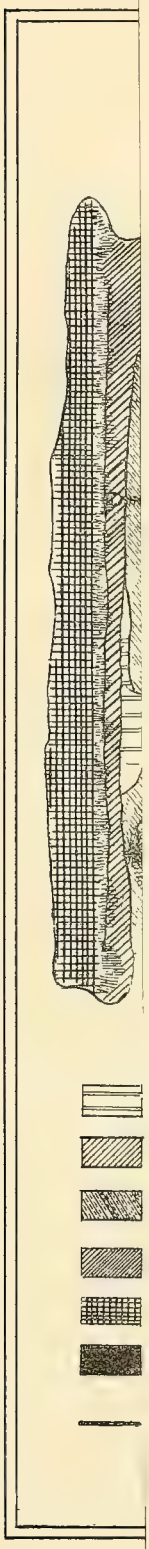
Las compañías especiales exportadoras de petróleo y al mismo tiempo productoras, son: Mexican Eagle Oil Co. (Pearson); La Huasteca Petroleum Co. (Doheny); la Tampico Co.; la Mexican Gulf Co. (Mellon); la East Coast Co. (Southern Pacific Ry); la Trans–Continental Petroleum Co. (John Hays Hammond); La Corona Petroleum Co. (Dutch–Shell); la Panuco Valley Oil Fields Corp., Ltd. (Simms & Bowser), y la Penn–Mex Fuel Co. (Standard Oil Co. of New Jersey).

La capacidad productiva de los pozos de petróleo mexicanos puede dividirse de la siguiente manera:

BARRILES DIARIOS		
150,000	Pánuco	Distrito Norte produciendo petróleo pesado 10° a 12° Bé.
4,000	Topila	
6,000	Ebano y Chijol	
65,000	Casino y los Naranjos	Distrito Sur produciendo petróleo de 18° a 27° Bé.
100,000	Potrero del Llano, Alazán, Alamo	
175,000	Cerro Azul y Juan Felipe	

Las explotaciones por los puertos mexicanos de Tampico y Túxpam se distribuyen de la siguiente manera:

A los Estados Unidos	15.476,727	barriles.
A diversos puntos de la costa mexicana	4.510,061	,,
A Sud–América	195,138	,,
A Europa	356,205	,,
A Inglaterra	69,780	,,
A Panamá	40,446	,,
A Cuba	20,000	,,
Suma	20.674,357	,,



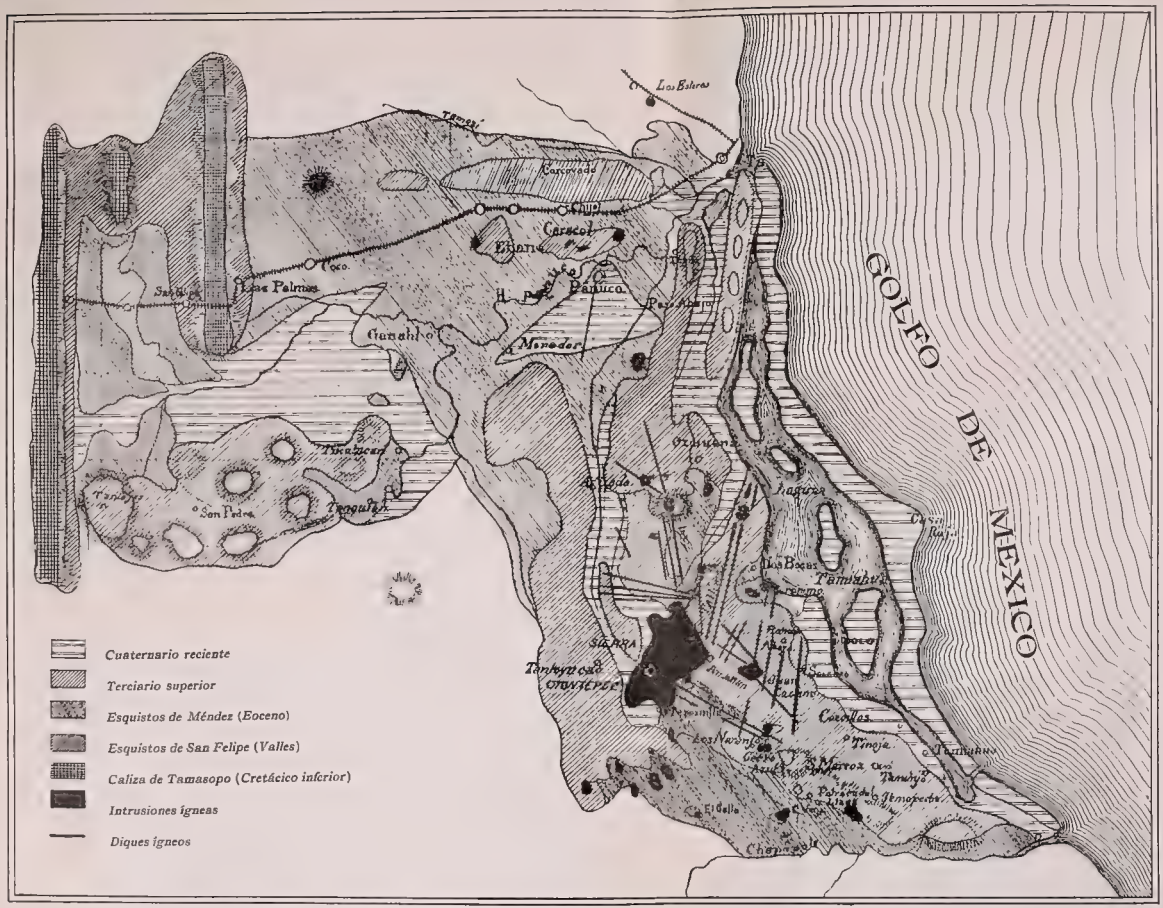


Fig. 2.—Esquema general de los campos petrolíferos de México, mostrando las áreas ocupadas por las diversas formaciones, enseñando las principales intrusiones basálticas y la dirección de los diques principales.

No existe el temor de que la producción de los pozos mexicanos decline de la misma manera rápida que la de los Estados Unidos; pues los pozos de grande producción han aumentado la suya en lugar de disminuir desde que brotaron, poniéndose como ejemplos: los 6 y 7 de Juan Casiano, 1 y 4 de los Naranjos, Zurita 3, que no pueden considerarse como casos excepcionales, puesto que en algunos de estos pozos se han dejado correr libremente, pues las condiciones geológicas, que se discutirán después, son muy favorables. El más antiguo de los pozos, con producción comercial de los terrenos petrolíferos de México, Pez núm. 1 en el distrito del Ebano, y el 7 de Juan Casiano han estado produciendo, el primero desde 1904 y el segundo desde 1910, sin notarse ninguna disminución, encontrándose en distritos lejanos uno de otro. Se puede decir que las condiciones productivas en México difieren fundamentalmente de las de los Estados Unidos, y por esta razón no existe la necesidad, de parte de las compañías productoras, de sacar el aceite del subsuelo con la mayor rapidez posible; de lo que resulta que no hay tampoco una gran necesidad de tener una gran cantidad de tanques para el almacenamiento del petróleo, exceptuando en las estaciones terminales, donde son necesarios para las facilidades de las operaciones de carga.

La producción principal del petróleo mexicano proviene de unos 20 grupos de pozos, que representan cada uno un yacimiento o unidad geológica, poseído cada grupo por una de las grandes compañías que generalmente tiene bajo su dominio una gran extensión superficial; cada una de estas compañías ha iniciado sus trabajos perforando un pequeño número de pozos, estando en sus intereses futuros hacer todas las perforaciones necesarias; pero actualmente mantienen cerrados muchos de los pozos productivos, mientras se obtiene mercado y se desarrollan los medios de transporte; por estos motivos, generalmente no ha habido grandes desperdicios de aceite o de gases, lo que es un estado ideal para explotar esta riqueza, por el que abogan los conservadores de este país: una compañía para la explotación de cada uno de los yacimientos.

La disminución de la presión en los pozos que se ha observado hasta ahora ha sido muy pequeña, en los campos productores más antiguos, como en el Ebano y Juan Casiano, que se han conservado con ligera variación; en los de Juan Casiano, se han sacado 40 millones de barriles de un solo pozo y apenas si ha habido una declinación de 10% en las producciones diarias.

Transportes.—La mayor parte del aceite del Ebano se usa como combustible en los ferrocarriles mexicanos y como asfalto para pavimento, todo lo cual se transporta por ferrocarril. El petróleo de Pánuco se transporta en chalanes hasta las terminales de Tampico, y de allí se toma para cargar a los buques-tanques que lo llevan a su destino. Los demás campos transportan su aceite por medio de oleoductos, ya sea a Tampico o a Túxpam, en donde entran a cargar

los buques–tanques, existiendo actualmente 452 millas de oleoductos, la mayor parte de 8 pulgadas de diámetro y el resto de 6 pulgadas.

El transporte es la más seria dificultad que se reciente para poner en el mercado al petróleo mexicano, no siendo posible con los medios actuales hacer el transporte de toda la producción de los pozos, estimada entre 330,000 y 500,000 barriles diarios, no habiendo en 1914 declinado la producción de ninguno de los pozos: a despecho de todas las mejoras que se han llevado a cabo para facilitar el transporte del petróleo, sólo se pudieron transportar 24.525,403 barriles de aceite, en el año de 1914.

Parece que el desarrollo de los campos petrolíferos de México, deberá ser mucho más pausado que la de los similares de los Estados Unidos, por las siguientes razones:

1. Los grandes gastos que la explotación del petróleo reclama, pone fuera de cortadura a las compañías pequeñas, quedando únicamente aquellas que cuentan con grandes capitales; estas compañías no están interesadas en la explotación de todo su territorio, con el objeto de hacer bajar el precio del petróleo en el mercado, puesto que tienen bajo su dominio una gran área territorial alrededor de sus pozos, pueden suspender la producción, esperando el alza de sus precios, pues no pierden presión ni favorcen con su petróleo a sus vecinos.

2. Las dificultades políticas del país retardan el desarrollo.

3. Los impuestos del Gobierno Federal y de los Estados, los costos altos de producción y mantenimiento, así como los altos fletes del transporte, aumentan considerablemente el costo del aceite mexicano que se vende en los mercados de los Estados Unidos, haciendo imposible vender el barril a menos de treinta y cinco centavos oro americano en los puertos del golfo, o aproximadamente cincuenta centavos en los del Atlántico; estos precios no pueden ser menores, sino en casos excepcionales, puesto que, los productores principales, tienen bajo su dominio directo, en México y los Estados Unidos, los oleoductos, los buques-tanques y las refinerías, siendo el transporte el que más influye para hacer bajar el precio de la producción.

En la primavera del año de 1915 existían en los campos petrolíferos de México, 53 pozos en producción, 111 cerrados, 40 abandonados y 105 perforándose o simplemente localizados.

Seis refinerías para el consumo local: Standard Oil Co., de New Jersey, en Tampico, con capacidad diaria de 4,000 barriles; la de Waters Pierce, pequeña Tampico; Mex. Eagle con capacidad de 12,500, eventualmente hasta 25,000 barriles, Tampico; Huasteca Petroleum Co., planta de asfalto del Ebano, y la refinería de Minatitlán de 15 a 25,000 barriles diarios, Minatitlán.

El petróleo que se produce, puede dividirse aproximadamente en dos clases: pesada con gravedad entre 10° y 14° Bé. (0.993 a 0.973 sp. gr.) y el otro relativamente ligero, entre 18° y 22° Bé. (0.947 a 0.922). Una pequeña cantidad de aceite ligero de 30 a 40 Bé. ha sido descubierto, pero no se ha hecho la explotación en grande escala.

El costo del petróleo, por barril actualmente en Pánuco, es de treinta y un centavos y como décimos oro americano, distribuido de la manera siguiente:

Derechos de barra	3.8	centavos oro americano.
„ „ producción	4.5	„ „ „
Señorío	5.0	„ „ „
Transporte de chalanes	6.0	„ „ „
Gasto de carga y descarga	2.0	„ „ „
„ „ producción	10.0	„ „ „
	31.3	

El costo del transporte por medio de buques–tanques depende del número de días empleados en la navegación, carga y descarga, variando entre 30 centavos a 100 por tonelada; de donde resulta que el costo por barril está comprendido entre 35.5. y 45.3. centavos en oro americano. En Túxpam este precio debe diferir, siendo las condiciones de producción algo diversas y el transporte terrestre hecho por medio de oleoductos en lugar de chalanes, no habiendo derechos de barra, teniendo en contra un viaje de una duración ligeramente mayor por mar.

El precio oficial en el mercado de Tampico, del aceite puesto a bordo de los buques–tanques para el petróleo de Pánuco, fue de 40 centavos por barril; el precio del petróleo de Juan Casiano se cotizó entre 50 y 60 centavos; así es que su costo en los puertos de Estados Unidos será de 55 a 75 centavos oro americano.

La perforación se ha hecho por medio de equipos del tipo Californiano de percusión. El tipo de máquinas rotatorias se ha empleado para atravesar la parte superior blanda de las margas de Méndez o de los Esteros, y en la parte superior de la formación de San Felipe. La tubería se asienta sobre capas de caliza dura, continuándose la perforación con la herramienta de percusión en los restos de los estratos de San Felipe y en las calizas de Tamasopo; menos en el caso de que se haya encontrado el potróleo en los estratos superiores.

En la mayor parte de los grandes pozos, el petróleo ha brotado del esquisto azul o de la caliza sumamente fracturada, a corta distancia de la parte superior de la formación de Tamasopo; en algunos otros casos, el aceite se encuentra después de haber penetrado unos cuantos pies de la caliza de Tamasopo. No existe co-

rrelación de un campo con otro, ni tampoco de un pozo al inmediato en el mismo campo, encontrándose siempre el aceite en zonas fracturadas en que haya habido circulación de aguas subterráneas que hayan abierto amplios canales.

La generalización de estas condiciones, basada en la experiencia de estos campos de suponer que los pozos grandes contienen su aceite en la parte alta (high up), en otras palabras, se encuentran a menor profundidad que el término medio de los pozos de la localidad, es correcta.

El costo de la perforación es bastante alto; en los lugares no explorados es de unos 65,000 dólares, sin incluir los gastos de arrendamiento; este alto costo se debe principalmente: a los altos salarios, establecimiento de los campamentos y comisaría, al transporte y derechos sobre materiales, a las demoras debidas a los malos caminos y a los accidentes; además, a la necesidad de tener en almacén una gran cantidad de piezas de refacción, construcción de caminos, pago de derechos de paso, a la necesidad de establecer tuberías para surtir de agua a los campamentos; al alto costo del combustible en los lugares no explorados, agregando a esto, los grandes gastos que demanda el mantener abiertas las comunicaciones con Tampico, por medio de mulas y lanchas.

Las dificultades y gastos de la perforación se encuentran igualmente modificados por las condiciones geológicas, como consecuencia a la imposibilidad que existe para determinar por medio del registro de un pozo, la parte superior de la caliza de Tamazopo, debiéndose esto al paso gradual de transición de las series de San Felipe a la caliza maciza de Tamazopo, siendo imposible determinar la extensión y posición de las discordancias en la estratificación, que probablemente existen. Esto se dificulta aun más, por la falta de cooperación de las diversas compañías que hacen estudios geológicos, la posición aislada de los varios distritos permite guardar un gran secreto, y las grandes compañías han llevado a este respecto su celo, hasta un grado injustificable.

La área entera productora de petróleo, se encuentra cruzada en varias direcciones por diques e intrusiones de rocas ígneas, que por lo común son basálticas, encontrándose también dioritas en ciertos lugares como intrusiones de gran extensión. La más grande de estas intrusiones es la sierra de Otontepec, señalada en la fig. 2.

GEOLOGÍA

I. *Estratigrafía.*—En los terrenos petrolíferos de México se encuentran cuatro formaciones diversas:

1ª La serie del Terciario superior, que comprende capas fosilíferas de calizas arenosas y areniscas con arcillas calizas y arenosas: el grueso total variado entre 600 a 1300 pies, (2ª) una sección intermedia de un grueso comprendido entre 2000 a 3500 pies de margas grises y esquistos (llamadas margas de Mén-

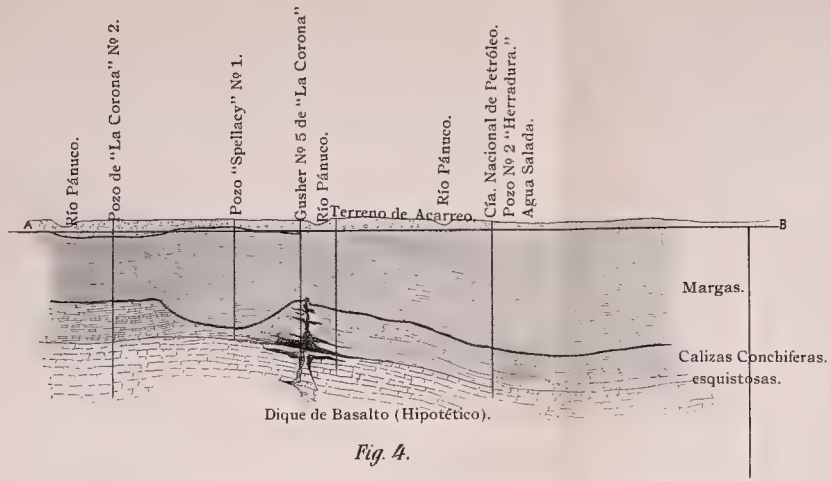
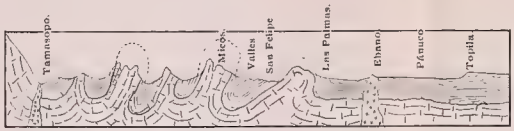


Fig. 4.

SECCIÓN ideal del yacimiento de Pánuco a lo largo de la Línea A. B. mostrando la terrasa y la fractura.



Sección general de Oriente a Poniente de una parte de los yacimientos petrolíferos. (Según Jeffreys).

Fig. 5.

LIT DE LA SRIA. DE COMUNICACIONES MEX.

dez o de los Esteros), habiéndose indentificado la parte superior, como perteneciente al Eoceno–Terciario, cediendo su lugar en su porción a (3ª) los bancos de San Felipe o Valles que se componen de capas alternadas de calizas y esquistos azules o pardos, siendo el grueso de esta formación de 200 a 700 pies. Las formaciones anteriores se encuentran descansando (4ª) sobre una formación de calizas macizas de color gris–azulado, calizas de Tamazopo, cuya potencia es cuando menos de 3000 pies, conteniendo fósiles en su parte superior, correspondientes al Crestácico inferior.

En algunos lugares las calizas Cretácicas superiores han sido atacadas por la erosión, las formaciones superficiales consisten en margas. (Véase la fig. 2).

a. Terciario Superior.—Las formaciones del Terciario superior han sido divididas por algunos geólogos en la serie de Tanalejas u occidental y la serie de Ozuluama y Temapache que se encuentra en la parte oriental. Aunque por lo general conservan su carácter de depósitos marinos de capas frecuentemente alternadas de calizas arenosas y arcillas con bancos locales de fósiles, como los lechos de Numulites y Orbitoides en los distritos centrales, pudiéndose indentificar a cortas distancias; sin embargo, estas indentificaciones no pueden hacerse de una área a otra, sin poner mucha atención. Las formaciones del Terciario superior, cubren prácticamente la parte central y Sur de los terrenos petrolíferos, con excepción de los valles cruzados por los ríos, en donde éstos han dejado descubiertas por la erosión las margas subyacientes, o a las basaltes en los lugares donde ha habido grandes intrusiones basálticas.

Estas formaciones de Terciario superior, conteniendo petróleo, sólo se han encontrado en una sola localidad—Tangüijo—con una potencia de 1200 pies; habiendo perforado en este lugar la Compañía del Aguila, cierto número de pozos, capaces de producir por medio de bombas, 500 barriles diarios. El aceite obtenido tiene 21° Bé y la producción de los pozos declina rápidamente.

En el distrito de Túxpam, cerca del término de la formación del Terciario inferior, ha sido señalada una capa de arena bituminosa obscura, que no aparece en la parte Norte del distrito; no obstante esto, debido a lo delesnable de estos mantos y la existencia de un gran número de grietas, se encuentra un gran número de chapopoteras en la superficie, contribuyendo igualmente los diques intrusivos, a lo largo de los cuales el petróleo encuentra una fácil salida a través de los mantos superficiales.

Se tiene la creencia de que el aceite que se encuentra en la formación de Tangüijo, proviene de las formaciones profundas, habiendo emigrado por las fracturas. La potencia productiva de estos pozos y la manera como se portan, no dan las seguridades necesarias para seguir perforando, en vista de una buena producción comercial, especialmente cuando se cuenta con pozos que puedan abrirse en otros distritos en donde su producción es tan abundante.

La ausencia de los buenos horizontes tipos, dificulta mucho la localización de las fallas, siendo imposible frecuentemente estudiar los detalles de la estructura de los monoclinales y sólo se puede determinar los accidentes estructurales bien marcados, que son los que tienen mayor influencia en la acumulación del petróleo.

b. Margas de Méndez.—La formación de Méndez, consta de depósitos muy uniformes de margas y esquistos de color gris azulado, no habiendo prácticamente ningún cambio litológico desde la parte superior hasta la inferior, su potencia variando entre 2,000 y 3,500 pies; en las formaciones de la Huasteca, se presentan con la potencia indicada en primer lugar. Los lechos de caliza arenosa que se han encontrado en esta formación, son irregulares y no son persistentes; sin embargo, se encuentra en ellos pequeñas cantidades de aceite pesado, aunque no en cantidad suficiente para poder sostener una producción comercial de importancia.

El engruesamiento y adelgasamiento de estos lechos a cortas distancias, se atribuye a las dislocaciones producidas por las fallas, o a cambio brusco en el lechado. Las lentes de calizas que se encuentran en la parte superior de la formación de San Felipe, parece también indicar discordancias; observándose que el engruesamiento de los lechos margosos de Méndez, se encuentran compensados por un grueso menor en las series de San Felipe, la profundidad a que se encuentra la parte superior de las calizas de Tamasopo permaneciendo constante, aún este intervalo, no es siempre constante en el mismo Distrito, por la sencilla razón de que existen igualmente discordancias más o menos grandes entre las formaciones de Tamasopo y los mantos de San Felipe.

c. Formación de San Felipe.—Estas se pueden considerar como una transición entre la formación de Méndez y la de las calizas de Tamasopo, siendo muy difícil hacer su descripción, pues los perforadores no reconocen estos mantos sino hasta que principian a consolidar la tubería, siendo imposible estimar su potencia en cada uno de los pozos por la inspección del registro; aparentemente el grueso total de estas formaciones está comprendido entre 300 a 800 pies.

Los lechos de San Felipe, son con frecuencia en los pozos grandes productores de petróleo los que contienen al aceite, debido a que se encuentran sumamente fracturados; encontrándose el aceite en la fractura en su parte más alta, resultando que cualquiera perforación que corte la fractura, encontrará el aceite en gran cantidad (high up, en el lenguaje de los perforadores), siendo las margas la capa impermeable que se opone al escape del aceite a los receptáculos que se encuentran encima de las formaciones de San Felipe. Las perforaciones de las siguientes Gushrs, no han llegado a alcanzar a las calizas de Tamasopo: Juan Casiano, núms. 6 y 7; los Naranjos, 1 y 4; La Corona, 5; Spellacy, 1; sin embargo de esto, como esta canalización debe ser mucho más frecuente en la base de

las series, puesto que debe haber allí discordancias considerables, la parte superior de las calizas de Tamasopo se consideran como la formación más productiva.

Aunque el fracturamiento y las fallas se extiendan a la superficie a través de los lechos de la formación de Méndez, como se encuentra demostrado por las chapopoteras y los diques, es evidente que estas formaciones no contienen estratos porosos, no pueden esperarse en ellas racionalmente, acumulaciones de petróleo encima de los estratos más duros de San Felipe.

Las margas blandas han sido indudablemente comprimidas, después que se verificó el plegamiento, pudieron obstruir y tapar efectivamente los pasos del líquido y los gases, excepto en aquellos lugares que mantuvieron abiertos las intrusiones ígneas. Muchos de estos canales pueden caminar lateralmente a largas distancias en las formaciones más duras del Terciario superior, antes de encontrar su salida a la superficie, haciendo sumamente problemática la localización de un pozo, fundándose en sólo el dato de la existencia de la chapopotera.

d. Calizas de Tamasopo.—Jeffreys dice que las calizas de la serie de San Felipe pueden distinguirse de las de Tamasopo en que no contienen fósiles; no son macizas, y en que son de un grano más igual que las de Tamasopo: estas diferencias no son fáciles de apreciar en una muestra sacada de una perforación. La caliza de Tamasopo es compacta, dura, de color gris, cristalina, fosilífera en las capas superiores. No se ha perforado; por consiguiente, no se conoce ningún otro horizonte más allá de su parte superior; tampoco se encuentran chapopoteras ni señales de que contenga hidrocarburos en sus crestones, lejos del contacto de las formaciones superyacientes; no existen evidencias de que el aceite de los terrenos petrolíferos de México tengan su origen en los estratos de la caliza de Tamasopo, como lo sostienen algunos geólogos: la misma naturaleza de estos estratos, considerando especialmente el período subsecuente de erosión, está en contra de semejante suposición; existen, por el contrario, mayor número de evidencias respecto a la probabilidad de que haya emigrado de las margas que se encuentran encima.

2. Estructura.—Todos los grandes pozos productores han sido localizados en los lugares en donde existe una clara combinación favorable de estructura anticlinal o de doma con fracturas bien pronunciadas en los estratos. Estas fracturas (por lo común fallas de pequeña extensión) están acompañadas comunmente por intrusiones basálticas y escapes de chapopote y gas. En el campo de Pánuco, las indicaciones superficiales, tanto de la estructura como de las intrusiones, han sido borradas (menos en Tampalache) por una capa de 100 pies de aluviones; pero las perforaciones han puesto de manifiesto que las mismas condiciones generales han influenciado aquí como en los otros lugares de los campos petrolíferos mexicanos, la acumulación del aceite (veáse las figs. 3 y 4).

Algunas otras fuerzas han producido un buen número de pliegues bien marcados en la vecindad de Otontepec, como los que se observan en Potrero del Llano y en los Naranjos; este nuevo plegamiento ha sido provocado por fuerzas laterales y por empujes verticales, incidentales a la formación de las montañas de la Sierra Madre del Oriente, produciendo a la vez una serie de líneas de menor resistencia en las formaciones sedimentarias, por las que las rocas ígneas pudieran llegar a formar las intrusiones: esto se observa en la figura 6, que es un plano de la parte central de los terrenos petrolíferos, en el que los principales diques de basalto han sido localizados por el autor. El estudio de este plano revela numerosas e interesantes revelaciones, por ejemplo: la concordancia de la dirección de las capas sedimentarias con la de los principales diques en los terrenos de la costa; en el croquis representado por la figura 2, en donde se encuentra figurada la geología superficial de los terrenos petrolíferos mexicanos, no existe ningún lugar en donde aparezcan las calizas de Tamasopo ni tampoco los lechos de San Felipe, como lo afirman los primeros escritores; el autor no tiene ningún dato en que los domas notables hayan sido producidos por el levantamiento de los llamados tapones basálticos; algunos plegamientos y fallas se observan en ciertos lugares, pero semejantes casos están equilibrados por otros en que los mantos sedimentarios se inclinan hacia las grandes masas de rocas ígneas, es decir, presentan una contracción debida al enfriamiento que ha contrarrestado el efecto de la formación del doma.

Los datos obtenidos por las perforaciones no han podido corroborar la teoría del "clavo" sobre el efecto de los tapones ígneos, o de las otras intrusiones sobre la estructura de las rocas sedimentarias que los rodean, en los terrenos petrolíferos mexicanos. El examen de la figura 7 pone de manifiesto algunos de los pliegues secundarios por empujes laterales causados por la intrusión de la Sierra de Otontepec.

Intrusiones igneas.—El examen de la figura 6 pone de manifiesto que en los terrenos de Juan Casiano, Los Naranjos, Dos Bocas y Pánuco las intrusiones se encuentran localizadas en la intersección de las grandes fracturas, cuando las intersecciones ocurren en los pliegues anticlinales. Si se pudieran tener a la vista los registros de las perforaciones de ciertas grandes compañías, es indudable que se tendrían datos muy interesantes respecto a las relaciones de las grandes acumulaciones de petróleo bajo estas condiciones del desalojamiento de las capas sedimentarias por las fallas.

Las intersecciones de las grandes fracturas se encuentran comunmente acompañadas y marcadas en la superficie por picos cónicos basálticos, los cuales no son sino la forma de hongo al exterior de una intrusión ígnea en forma de chimenea o tubo: las perforaciones hechas cerca del contacto en varias de estas elevaciones cónicas,

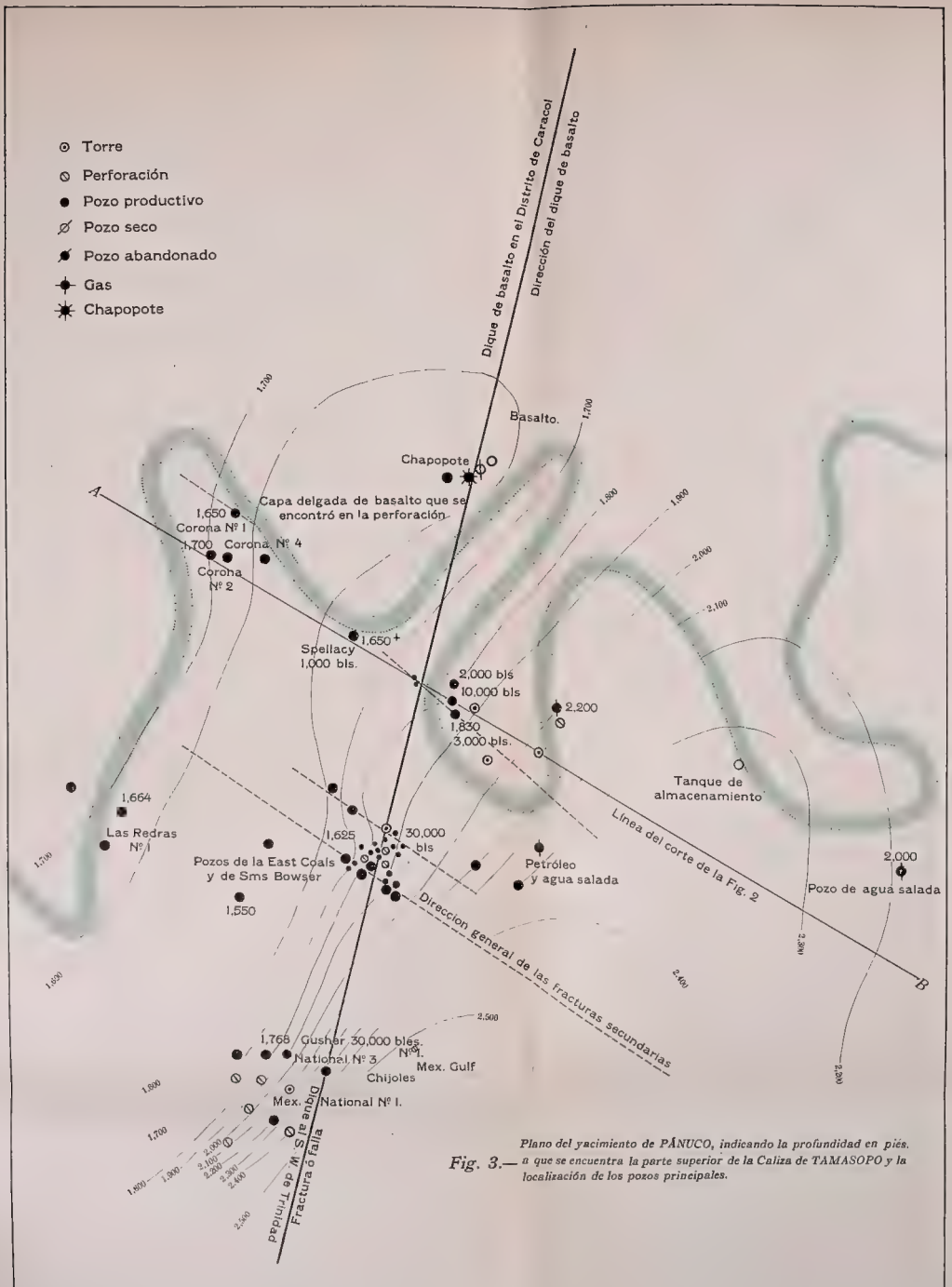


Fig. 3.— *Plano del yacimiento de PÁNUCO, indicando la profundidad en piés. a que se encuentra la parte superior de la Caliza de TAMASOPO y la localización de los pozos principales.*

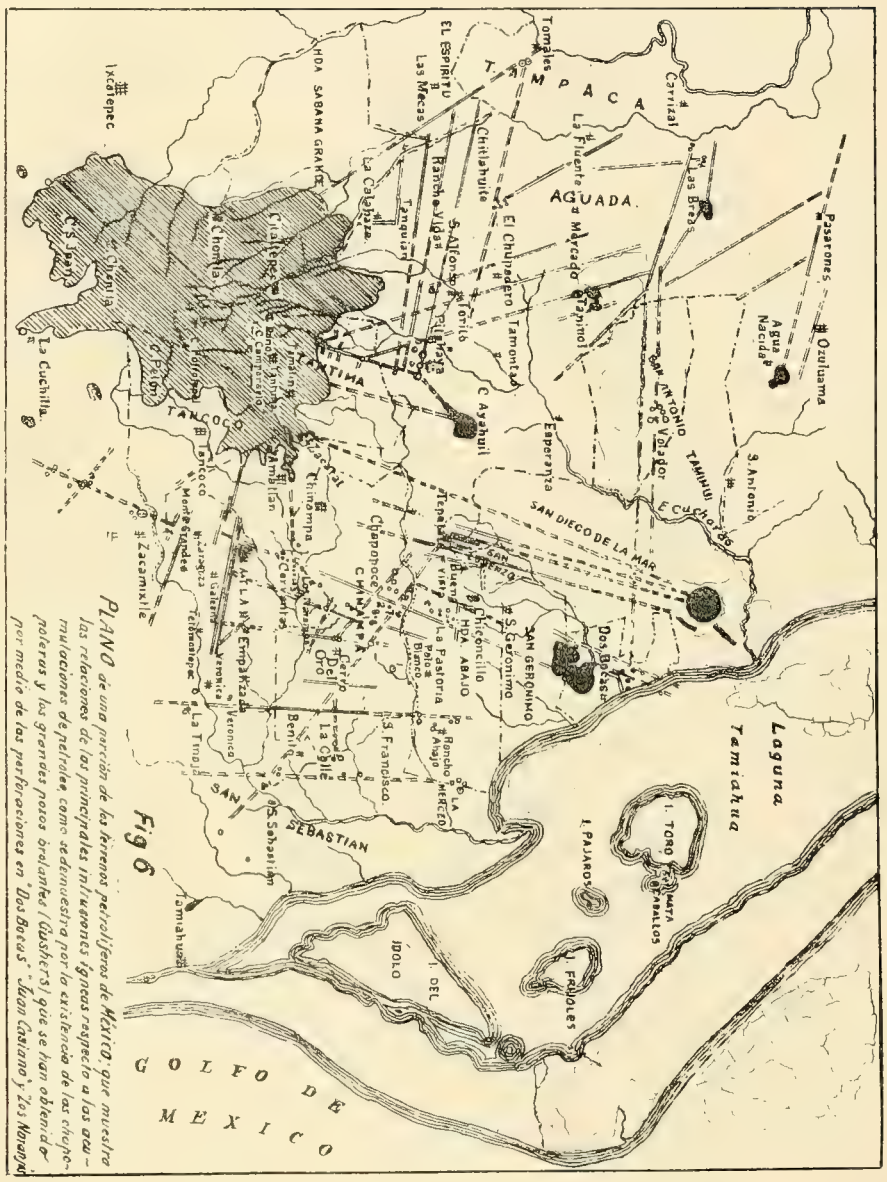


Fig 6

PLANO de una parcela de los terrenos petrolíferos de México, que muestra las relaciones de los principales influentes ígneos respecto a los acumulaciones de petróleo como se demuestra por la existencia de los chapopoteras y los grandes pozos brotantes (Gushers) que se han obtenido por medio de las perforaciones en "Dos Bocas" "Juan Casiano" y "Los Naranjos"

han puesto de manifiesto el error de un geólogo que afirma que la forma cónica de estos tapones persistía a la profundidad. Varios de estos pozos han llegado a la profundidad de 2,000 pies sin tropezar con basalto o encontrar grandes distorsiones. Estas intrusiones y los derrames superficiales que los acompañan siguen aparentemente una intersección de fracturas, en donde la resistencia es mínima, representando sencillamente nudos a lo largo de la línea del dique (fig. 6).

En otros lugares se encuentran cerritos en forma de conos en la línea de fractura, pero no presentan signos de la existencia del basalto ni de que haya habido un plegamiento violento de las rocas sedimentarias; las rocas que lo forman son considerablemente más duras que las del distrito en general, siendo sumamente probable que estas intersecciones no se hayan llenado de basalto hasta la superficie, presentando entonces un canal para la circulación de las aguas subterráneas, más o menos calientes y altamente mineralizadas, que han producido el metamorfismo de las formaciones sedimentarias inmediatas a su ubicación; estas rocas modificadas resisten fácilmente a la erosión, comparadas con las areniscas y calizas blandas que rodean al canal, siendo un buen ejemplo de esto el cerro de Zaragoza, entre Amatlán y Zacamixtle (fig. 6). Otro ejemplo es el pico oriental en la línea de Aguada, llamado Taminul; el del Poniente es un pico basáltico, mientras que el más pequeño del Oriente se compone de grandes bloks de marga metamórfica, conteniendo numerosos núcleos de siliza; esta roca especial se encuentra en muchos lugares, cerca de las intrusiones basálticas.

3. Origen del petróleo.—Para el estudio del origen del petróleo que se encuentra en los pozos de los terrenos petrolíferos mexicanos, deben tenerse en cuenta los siguientes hechos:

1. El petróleo se encuentra por lo común en una caliza fracturada (algunas veces esquistos) cerca de la parte superior de la formación de Tamasopo; habiéndose encontrado algunas señales, y en pocos casos, grandes cantidades de agua salada; ninguna cantidad considerable de aceite se ha llegado a encontrar en las perforaciones profundas, hasta ahora de las calizas de Tamasopo.

2. El petróleo se encuentra particularmente en los Gushers, en los mantos de calizas y en los esquistos azules de las series de San Felipe, bajo condiciones tales que indican juntas y fracturas numerosas.

3. El aceite no se encuentra en cantidad en las margas homogéneas que cubren a las series de San Felipe, aunque estas margas sean en casi su totalidad petrolíferas, como lo ponen de manifiesto las perforaciones que se han hecho hasta hoy; sin embargo, en las perforaciones que se encuentran cerca de los diques y de las fracturas cuando existen chapopoteras en la superficie, se encuentra frecuentemente en todo el camino de la perforación salidas de gases y aceites pesados.

4. Estas margas descansan sobre lechos compactos de caliza de gran potencia (calizas de Tamasopo), en las que, por los datos que se tienen, no existe ningún horizonte poroso, no siendo probable que el aceite se haya formado en estas capas de caliza marina.

5. Cualquier aceite que se hubiera formado en estas calizas debió haberse libertado por el fracturamiento y las intrusiones; posteriormente fue recogido y retenido por las formaciones más porosas y fácilmente deleznables de las series de San Feliqe y de las calizas superiores a las de Tamosopo.

La circulación de las aguas en la parte superior de la discordancia entre las formaciones de Tamasopo y de San Felipe, han contribuido a formar los grandes depósitos petrolíferos, habiendo muchas pruebas sobre la existencia de estos canales en algunos pozos, que deben haberse formado después de que el fracturamiento de la roca hizo fácil la circulación de las aguas.

En este último párrafo se presupone o el origen anorgánico del petróleo, la existencia de una enorme acumulación previa de aceite en las formaciones más profundas que las de Tamasopo; esta últlma suposición parece que no es razonable, puesto que estas acumulaciones previas pudieron haber sido ya localizadas en ciertas áreas, aun cuando se suponga que provienen de filtraciones a 10,000 pies de profundidad, después de que las calizas hubieran sufrido el fracturamiento; igualmente los petróleos obtenidos deberían mostrar variedades en su composición bastante notables, y se encontraría más restringido en áreas locales y erráticas en las formaciones superiores de estos terrenos petrolíferos, en lugar de encontrarse distribuido en condiciones tan semejantes en los diversos campos. El autor es de opinión que el aceite se formó en las margas petrolíferas marinas de las formaciones de Méndez.

El aumento de comparidad de estas margas bajo la acción de sobrecargas crecientes, como lo ha demostrado King (fig. 9), debió haber obligado al líquido contenido en ellas a emigrar a los lechos porosos que existían debajo.

Debe tenerse presente que estas margas no son impermeables antes de haber sido comprimidas, llegándolo a ser paulatinamente a medida que aumenta la compresión.

Como existen grandes presunciones de que las aguas termales han abierto un gran número de canales en la parte superior de las calizas de Tamasopo, estos canales han presentado caminos para la concentración y cavidades amplias para el depósito del aceite. De acuerdo con lo que piensa Roswell H. Johnson. "Si los lechos de un material menos compresible (poroso) se encuentran debajo de los esquistos en cuestión, habrá frecuentemente un movimiento lateral a lo largo de los estratos hacia algún punto en donde el movimiento para salir a la superficie pueda verificarse."

Aun en la actualidad se está verificando la compresión de las rocass edimen-

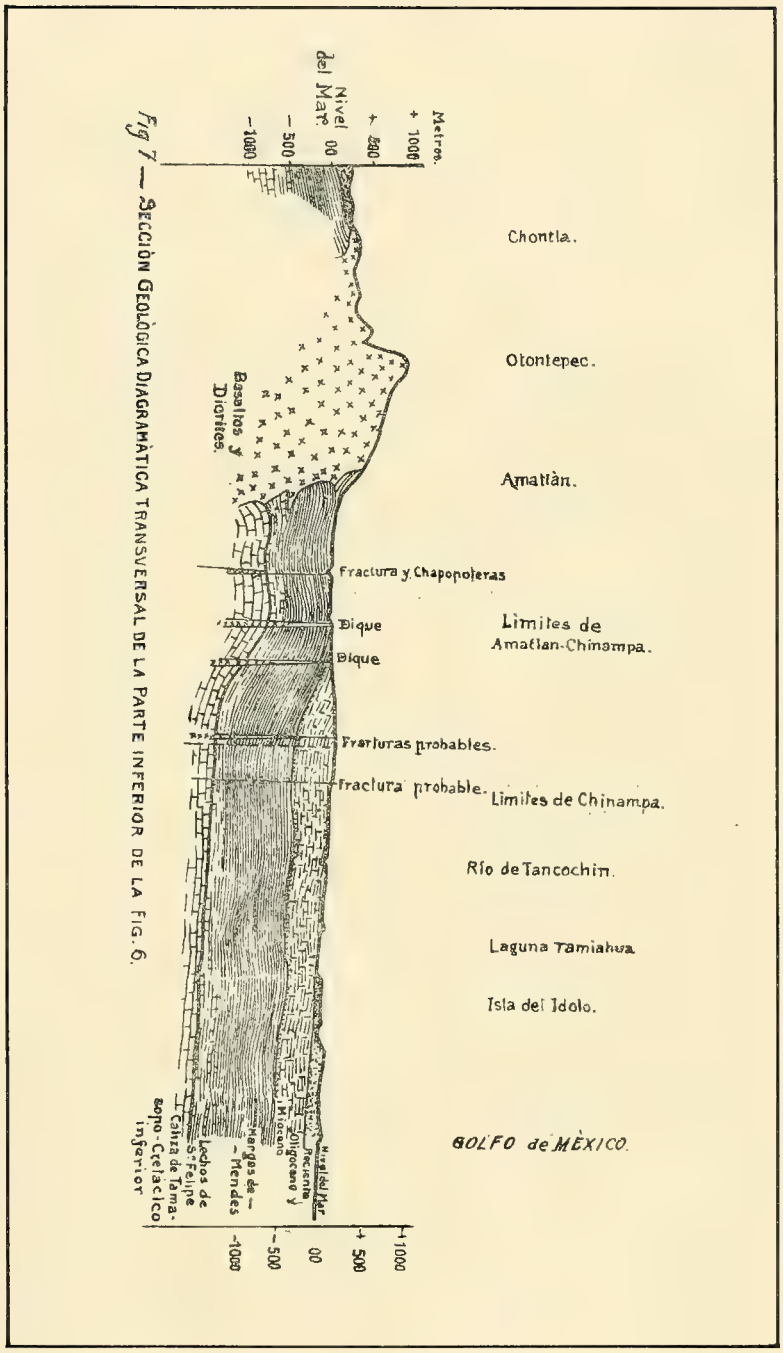


Fig 7 — SECCIÓN GEOLÓGICA DIAGRAMÁTICA TRANSVERSAL DE LA PARTE INFERIOR DE LA FIG. 6.

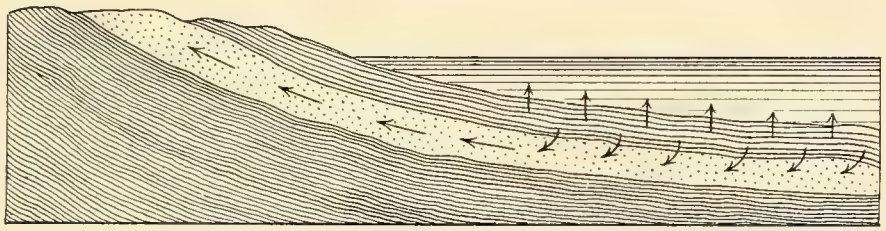


Fig. 9

Sección Esquimática para demostrar la emigración de los líquidos y gases contenidos en los sedimentos cuando éstos se consolidan por compresión.

tarias y el movimiento lateral, a lo largo de las costas del Golfo de México, deberá manifestarse mucho más activo a lo largo de las líneas de fractura y de las fallas, en donde la circulación hacia arriba pueda verificarse libremente. Mientras mayor sea la oportunidad, o mejor dicho, facilidad para este movimiento, existen mayores probabilidades para la segregación del aceite y su acumulación, siendo las más grandes y extensas las que representarán las acumulaciones finales.

Movimientos posteriores a lo largo de los planos de plegamiento de las capas de margas, produjeron en ellas espacios ideales para la captación del petróleo, siendo esto una razón que se puede aplicar para explicar las diferencias de composición que se han encontrado en los aceites de los diversos distritos.

Se ha señalado por los empleados de la compañía del Aguila, la influencia que tiene sobre la producción, los cambios bruscos en la presión barométrica, que acompañan a los frecuentes nortes que se sienten en la costa del Golfo, por ejemplo: en el pozo cerrado número 4 de Potrero del Llano, la presión aumenta 100 libras, mientras que en los pozos circunvecinos sólo se observa un aumento pequeño en la presión; si esto es cierto, indica una conección entre los receptáculos subterráneos y las aguas del Golfo, por medio de canales o fracturas en los lechos duros de los estratos profundos, esto necesita mayor acopio de datos para resolverse.

Los basaltos tienen una estructura de la que dan idea las figuras 10, 11 y 12, que son secciones de los basaltos de los diques que se encuentran en el distrito central, estudiados por W. H. Tomlison.

Chapopoteras o manantiales de asfalto, algunas veces acompañados de gases y raramente de agua salada, se encuentran en varios lugares de los terrenos petrolíferos de México, en conección con estratos casi horizontales e intrusiones ígneas, los cuales son características de estos terrenos.

Varios de los principales grupos de estos manantiales (fig. 6) se encuentran en los anticlinales, y la mayoría cerca de los diques o de las intrusiones que afloran a la superficie; por último, hay otras que brotan en lugares en donde las indicaciones superficiales no demuestran ningún dato estructural para que exista una acumulación petrolífera subterránea; la experiencia y la generalización de algunos hechos, han conducido a la creencia general de los geólogos, de que la mayoría de estos manantiales indican una intrusión de la roca ígnea en las cercanías y no muy lejos de la superficie (fig. 14).

Los manantiales de asfalto se encuentran también como saliendo de los basaltos en estos lugares de la Sierra de Otontepoc, a una distancia bastante considerable del contacto de las rocas sedimentarias: pero como existen varios canales abiertos en los basaltos, que naturalmente presentan menor resistencia al paso

del petróleo, que el que ofrecen las margas de Méndez, esto explica la anomalía aparente.

Los diques de basalto no pueden considerarse como barreras impermeables que se opongan al movimiento en el sentido horizontal del aceite, excepto en el caso en que estén acompañados de fracturas que tiendan a captarlo; las migraciones del petróleo pueden verificarse en todas direcciones en la formación tanto sedimentaria como ígnea.

El estudio del distrito central muestra un gran parecido con el anteror entre las fracturas localizadas en una serie de grietas de juntas de contracción que pueden ser debidas al retraimiento y desecación de las formaciones sedimentarias al adquirir mayor capacidad para el almacenamiento. Se hace notable la presencia de áreas aproximadamente triangulares que se encuentran limitadas por estas fracturas, y el hecho de que se encuentran en ciertas direcciones generales, que tienen relación con los levantamientos de la Sierra, sugieren que las grietas del retraimiento o de desecación han sido la causa principal que produjo las líneas de menor resistencia que permitieron el paso de las intrusiones posteriores.

4. Condiciones de explotación de los diversos campos.

El área comprendida entre las Palomas y Micos, se encuentra atravesada por algunos anticlinales bruscos, en uno de los cuales (San Pedro) se han perforado varios pozos, que producen una pequeña cantidad de aceite ligero (45° Bé): considera Huntley que deben hacerse más trabajos de exploración, aunque el costo es grande y el aceite saldrá muy caro, siendo mucho más económico importar de los Estados Unidos los productos que se obtienen de la destilación de los aceites ligeros.

El distrito de Topila es susceptible de explotarse en una área en que se pueden obviar los inconvenientes que resulten de la invasión del agua salada, y probablemente las áreas de los Esteros y el Caracol, llegarán a ser buenos productores de petróleo, aunque hasta ahora no se haya tenido éxito en ellas.

Existe una gran zona de terrenos petrolíferos al Norte de Tampico, hasta Texas, en parte de la cual se encuentra al Sur de Soto la Marina, San José de las Rusias, en la que prevalecen condiciones análogas a las de la región Sur que ha sido estudiado en este trabajo, y en la que la Dutch Shell Co. posee una gran extensión de terreno.

El distrito comprendido entre las Palmas, El Ebano y hasta el Sur de Tantoyuca, no ha sido explorado debidamente, por dificultades de transporte; en lo general, considera que esta área parece no ser tan favorable como la del Oriente de Otontepec, no conociéndose aún su estructura geológica, siendo probable que se encuentren buenos yacimientos explotables, obteniéndose aceite más ligero que el que se saca de las otras explotaciones actualmente.

En la faja oriental, a lo largo de la costa entre Tampico y Túxpam, debido

Fig. 8. Cerro de Tanimul, una eminencia típica de origen basáltico que se encuentra comunmente en muchos lugares de las regiones petrolíferas de México.

Fig. 13. Dique de basalto aflorando en la superficie tal como se encuentra en los campos petrolíferos mexicanos, cerca de Ozuluama.

Fig 14. Parte de una "Chapopotera" típica en la parte central de los terrenos petroliferos mexicanos.

al hecho de que se deben atravesar en las perforaciones todas las formaciones del Terciario Superior y además un grueso considerable de las formaciones más modernas, la perforación de algunos puntos tendrá que ser muy profunda antes de encontrar los lechos de San Felipe o de Tamasopo, no encontrándose ningunas señales superficiales notables de la existencia del petróleo en grandes cantidades, siendo allí las chapopoteras casi insignificantes; no pudiéndose localizar los pozos con seguridad: el inconveniente señalado por algunos de que se deberá encontrar agua salada, porque la inclinación de los estratos es hacia el Oriente, no es tan peligroso como a primera vista aparece, porque el petróleo se puede hallar en la parte alta de las fracturas, mientras que el agua salada se reunirá en las partes más bajas, siendo posible que la vida de dichos pozos sea relativamente corta.

En general, se tiene la creencia de que México es actualmente, el segundo produoctor de aceites en el mundo entero, pudiendo aumentar mucho más su producción en lo futuro, llegando a ocupar probablemente el primer lugar.

En resumen, el trabajo de Huntley pone de manifiesto que existen cuatro formaciones sedimentarias distintas: las formaciones pertenecientes al Terciario superior, caracterizados por sus fósiles, Numulites y Orbitoides; las margas de Méndez; las formaciones de San Felipe; y las calizas de Tamasopo, encontrándose generalmente las grandes acumulaciones de petróleo en las capas de San Felipe o en la parte alta de las formaciones de Tamasopo, siendo en esta zona en donde se encuentran las dislocaciones más grandes y en donde ha habido una amplia circulación de aguas subterráneas calientes que ha abierto grandes canales y huecos en las calizas: estando todas estas formaciones atravesadas por diques e intrusiones que han modificado la estructura de las rocas sedimentarias, comunicándoles cierta porosidad que hace posible la acumulación del petróleo en grandes cantidades. Según Huntley, el petróleo se encuentra en el subsuelo de las llanuras de la costa del Golfo de México en abundancia y su formación se debe a la transformación de la materia orgánica marina que se encontraba en las formaciones de San Felipe o de Méndez, el cual posteriormente ha emigrado a la base de la formación de San Felipe o a las calizas superiores de Tamasopo.

La localización de los grandes pozos productivos de la región, se ha hecho en los lugares en donde se presenta una combinación de anticlinal y doma; según este autor los diques basálticos, las intrusiones ígneas, así como la circulación de las aguas calientes, que tanto han influido en determinar, en ciertos lugares, las acumulaciones de petróleo en grandes cantidades; son difíciles de determinar en la superficie, apareciendo únicamente los nudos o cruzamientos marcados por cerritos cónicos de basalto o por el metamorfismo de las rocas sedimentarias superficiales; en una multitud de casos se encuentran estas señales cubiertas por rocas

sedimentarias no alteradas o por las formaciones recientes, no siendo prudente localizar los pozos guiándose por la existencia única de las chapopoteras. Según Huntley los diques de basalto o de la roca ígnea no se oponen a la circulación del petróleo en el sentido horizontal, sino en los lugares en donde se encuentra una roca apropiada para el almacenamiento del aceite, desecha por completo la teoría del clavo propuesto por Garfias y la peristencia de la forma cónica en la profundidad de los conos basálticos que existen en la región, pues las perforaciones hechas ponen de manifiesto que la forma que afectan estos derrames son las de una sombrilla de hongo.

Considera a México, como siendo actualmente el segundo productor de petróleo del mundo, poniendo de relieve, que su capacidad productora puede ser mucho más grande, que la que aparece en el cuadro de las exportaciones, pudiendo llegar a ocupar el verdadero lugar que le corresponde cuando se mejoren las vías de comunicación y terminen las dificultades políticas por las que atraviesa el país.

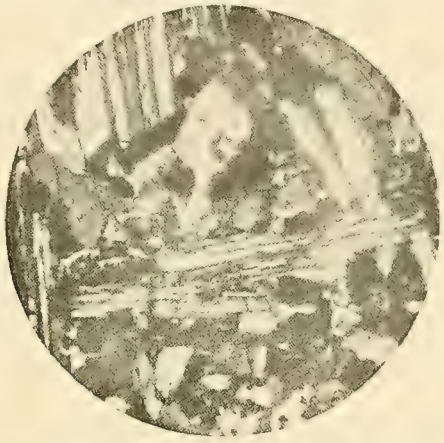


Fig. 10. Dolerita de Olivino.—Aumento de 22 diámetros.

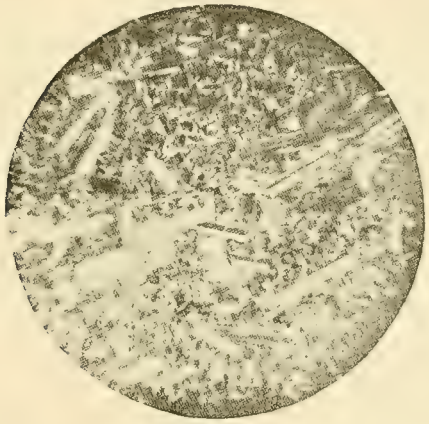


Fig. 11. Muestra de un basalto tomado de un pequeño dique, conteniendo una gran proporción de Augita.

Fig. 12. Dolerita de Olivino.

EXTRACTO DEL TRABAJO ESCRITO EN INGLES

POR EL SEÑOR E. DEGOLYER, A. B. NORMAN OLKA TITULADO

EL CAMPO PETROLIFERO DE FURBERO

México.—(San Francisco Meeting Sept. de 1915)

El campo petrolífero de Furbero se encuentra ubicado en la llanura costeña de México, entre los importantes puertos de Tampico y Veracruz; dentro del Estado de Veracruz, como a unas 14 millas de la población de Papantla en el cantón del mismo nombre, siendo uno de los campos más al Sur, que han sido desarrollados de la zona petrolífera Tampico–Túxpam. Los trabajos principales han sido hechos por la "Oil Fields of Mexico Co.," teniendo como línea principal de comunicación el Puerto de Túxpam, al cual está unido por medio de un ferrocarril de vía angosta y un oleoducto de 6″ de diámetro; tanto el ferrocarril como el oleoducto, tiene un desarrollo aproximado de 52 millas de longitud cada uno.

Este campo presenta un gran interés, como que representa un tipo de yacimiento petrolífero de importancia comercial, hasta ahora desconocido: la naturaleza ígnea de la llamada "arena" que se encontró en las perforaciones no fue reconocida sino hasta estos últimos tiempos y sus relaciones con los lacolites que dan origen a la acumulación del petróleo, al mismo tiempo que se descubría que el llamado "anticlinal," es por lo menos en parte, el resultado de la intrusión ígnea. Los detalles de la estructura de esta intrusión que en este trabajo se describe, son el resultado de un estudio hecho sobre los cortes obtenidos por las perforaciónes y las muestras o ejemplares de rocas obtenidos por el autor.

Esta región, incluyendo a Furbero, era conocida como petrolífera desde tiempos muy remotos, habiéndosele llamado "Cougas" una palabra totonaca que significa Cera o Aceite Negro, habiéndose corrompido esta palabra y transformado en Cubas. Los primeros escritores españoles, inmediatamente después de la Conquista, anotaron entre los artículos que se vendían en el gran mercado de

la ciudad de México, al chapopote, que es el nombre azteca del asfalto, y actualmente del aceite crudo que se obtiene de los pozos.

La región de Furbero que se estudia, es topográficamente una gran cuenca limitada por el Norte, Poniente y Sur, por las mesas cubiertas de lava que se encuentran al pie de la Mesa Central Mexicana, al Oriente, por montañas de la edad Terciaria: el eje mayor de esta cuenca corre de Noroeste a Sureste, estando controlado el desagüe por el río de Cazones, que desagua en el Golfo de México, como a 40 millas al Noroeste de Furbero; y por el río de Tecolutla que desemboca también en el Golfo como a 30 millas al Este de Furbero. La división de estas aguas se encuentra separada por lomeríos muy bajos, siendo la parte más notable los dos cerros gemelos que se elevan en medio del campo de Furbero, que tienen un gran parecido con los tapones volcánicos o chimeneas, que son tan comunes en las regiones petrolíferas al Norte del río de Túxpam; siendo la elevación general del terreno sobre el nivel del mar, de unos 600 a 650 pies.

Geología.—La región está cubierta por una densa vegetación, por consecuencia se encuentra superficialmente una capa de humos, resultado de la putrefacción de grandes cantidades de materias vegetales que se han acumulado durante varios siglos, por lo que se hallan muy pocos lugares en donde se pueden observar las rocas que tienen valor como datos geológicos de la formación; solo en los lechos de los arroyos y en las paredes de las cañadas, se puede estudiar algo, aunque no se puedan tomar medidas detalladas de las varias formaciones.

Estudiando únicamente el campo de Furbero propiamente dicho, solo hay que hablar de las rocas sedimentarias marinas del Terciario y de las rocas ígneas modernas; pero aquí se da una descripción de las calizas Cretácicas, con el objeto de definir la relación que el campo de Furbero pueda tener con los otros campos petrolíferos.

(*1*) *Caliza de Tamasopo.*—Esta roca es la más antigua conocida en todas estas regiones, consta de una serie de calizas, que se designan con ese nombre por aflorar en el Cañón de Tamasopo, Estado de San Luis Potosí. Esta formación consta de estratos de menos de un pie de grueso, de calizas puras parecidas a porcelana, de un color gris, compactas, estando caracterizadas en su parte superior, por la presencia de nódulos de pedernal en grandes cantidades, de color negro o gris obscuro y también verdes. Económicamente esta formación es de mucha importancia por contener horizontes petrolíferos. Los estratos en la porción superior de esta caliza que se encuentra en la parte Norte del Estado de Veracruz y en la región de Valles, Estado de San Luis Potosí, es algo porosa, estando surcada por cavernas debidas a la disolución de la caliza: estas calizas cavernosas son los receptáculos petrolíferos de los muy productivos campos de Potre-

ro del Llano, Juan Casiano, Los Naranjos y Alamo, que se caracterizan por una inmensa producción de sus prolíficos Gushers, con capacidad de 50,000 a 100,000 barriles diarios, cada uno.

La formación de Tamasopo se considera generalmente como el criadero en donde se ha formado el petróleo de la parte Norte de México, y de donde proviene todo el aceite, que por emigración se encuentra presente en las otras formaciones.

La potencia de la formación en esta región es desconocida, probablemente es de unos 6,000 a 8,000 pies: considerándose que corresponde al Cretácico Inferior, siendo evidentemente el equivalente del Comanche de Texas.

(2.) Terciario Eogeno.—Lechos de San Felipe.—Sobre la caliza de Tamasopo y descansando en estratificación discordante (?) sobre ella, existe una serie de calizas impuras, en capas delgadas, y margas esquitosas, grises, rojisas y verdosas, conocidas con el nombre de mantos de San Felipe; en toda la formación se encuentra una capa de arena, y contiene localmente, además, lechos de tobas de colores abigarrados, con mica descompuesta, estas formaciones son finamente porosas, habiéndose encontrado en dos de las perforaciones, conteniendo, aceite y gas, pero no en grandes cantidades. En los campos de Pánuco, esta formación presenta los horizontes petrolíferos productivos. Su potencia varía entre 600 y 1,000 pies: la edad exacta de esta formación no es conocida, aunque en apariencia puede referirse al Terciario; de los pocos fósiles que se han obtenido en las perforaciones, puede decidirse que pertenecen al Eoceno.

Esquistos de Méndez.—Existe una serie bastante gruesa de esquistos grises y verdes, margas y arcillas, conteniendo areniscas en esquistos delgados, y calizas que descansan sobre la formación de San Felipe, a las cuales se les ha dado el nombre de Méndez, por aflorar cerca de la estación de Méndez del F. C. de S. Luis a Tampico, que se encuentra al Oeste de Tampico.

En general, es de muy poca importancia económica esta formación; pero en el campo de Furbero, una parte de estos esquistos impermeables han sido cocidos y metamorfoseados en una roca dura, negra o parda porosa, formando juntamente con la roca ígnea, los receptáculos petrolíferos del campo. Aparentemente la mayor parte de este metamorfismo es debido a la acción de las aguas termales ascendentes y a la acción de la roca ígnea después de su intrusión, la roca intrusiva ha sufrido alteraciones después de haberse solidificado.

La potencia de esta formación se puede calcular en Furbero en unos 4,000 pies: en Alazán que se encuentra al Norte, como a 50 millas se han encontrado fósiles en esta formarión que el Dr. Dall, clasifica como del Eoceno Inferior.

(3.) Terciario, Oligoceno.—Sobre los esquistos de Méndez, existe una serie bastante gruesa de areniscas, esquistos, calizas impuras fosilíferas y algunos raros conglomerados de edad Oligocena, que apenas se distinguen en las estriba-

ciones de la Sierra Madre, de la serie de esquistos de Méndez. No se sabe aún su importancia económica.

(4.) *Rocas Igneas.*—Las rocas ígneas de la región, constan principalmente de basaltos, doleritas, basaltos-gabbros y varios productos de la actividad volcánica, tales como arenas volcánicas, cenizas, etc. Los afloramientos superficiales de mantos de lavas, cuyos restos respetados por la erosión, indican que anteriormente cubrían la mayor parte de esta región. Algunos grandes diques se encuentran cerca de Reparo, y varios diques de basalto porfirítico cortan a las rocas del Oligoceno cerca de Buenavista; un manchón de ceniza volcánica, cubre la superficie del terreno cerca de Palma Sola.

La lava proviene evidentemente de algún punto de la Sierra Madre, probablemente de las cercanías de Necaxa. La potencia de las lavas varía desde unos cuantos pies hasta 500, tiene una inclinación uniforme de varios grados hacia el Noreste. No existen pruebas de deformación posteriores a este derrame, que ocurrió después de que se hizo el depósito de la serie completa de los sedimentos marinos Terciarios.

Es de una grandísima importancia económica la influencia de los lacolites en intrusiones potentes, cuya presencia y los fenómenos correlativos son los que han dado lugar, en la acumulación del petróleo en Furbero. Estas intrusiónes no se han extendido hasta la superficie; las indicaciones de su existencia en el terreno consisten únicamente en el afloramiento de los esquistos metamorfoseados, de que se ha hablado antes. Ha sido bien explorada por medio de 16 pozos que se han perforado sobre ella, otros cinco pozos sobre los esquistos metamorfoseados subadiacentes y por otros seis pozos, que no encontraron señales de intrusión en su vecindad. (Fig. 1).

La intrusión principió evidentemente por una inyección que siguió los planos de la estratificación, estando las rocas sedimentarias previamente plegadas bajo la forma de un anticlinal. La intrusión al engruesarse cerca de la cresta del anticlinal, levantó las capas sedimentarias superiores adyacentes, acentuando aún más el pliegue existente. Se han encontrado pequeñas cantidades de petróleo en la roca ígnea en varios de los pozos.

El mayor grueso de roca ígnea atravesada, se encuentra en el trayecto de la perforación núm. 7, en donde se encontraron 440 piés, una investigación cuidadosa sobre la forma de la intrusión, parece poner de manifiesto que el máximun de grueso oscila entre 600 y 650 piés entre los pozos 7 y 17, siendo el mínimun entre 170 y 193 piés, que se ha encontrado en los pozos 19 y 28, aunque solamente se han encontrado 100 piés en el pozo núm. 19, en donde por ciertas causas locales no muestra la verdadera potencia.

El punto más alto alcanzado por la intrusión, como lo demuestran los registros de los pozos, se encuentra en el pozo 17, en donde la parte superior de la in-

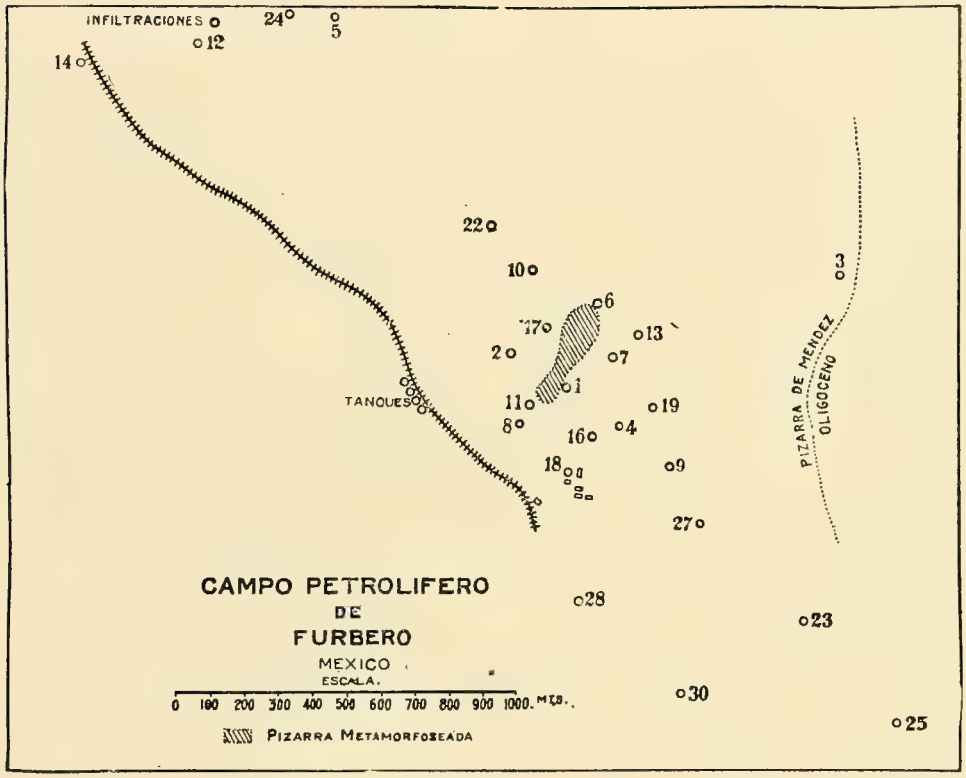

INFILTRACIONES
24
5
12
14
22
10
6
17
13
2
7
1
11
19
8
4
16
18
9
27
3
TANQUES
PIZARRA DE MENDEZ
OLIGOCENO
CAMPO PETROLIFERO
DE
FURBERO
MEXICO
ESCALA.
0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000. MTS.
28
23
30
25
PIZARRA METAMORFOSEADA

Fig. 1.

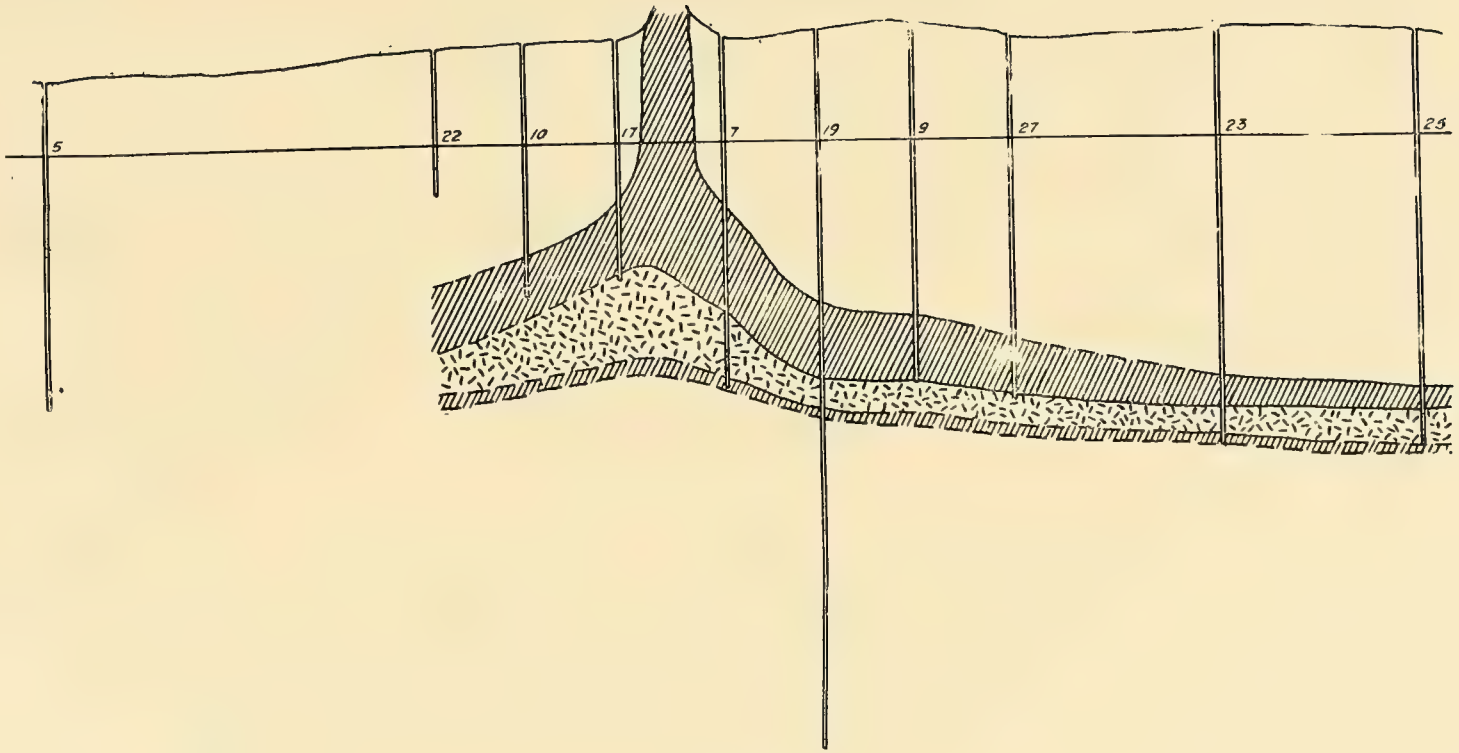


Fig. 2.

SECCION GEOLOGICA DEL CAMPO PETROLIFERO DE FURBERO

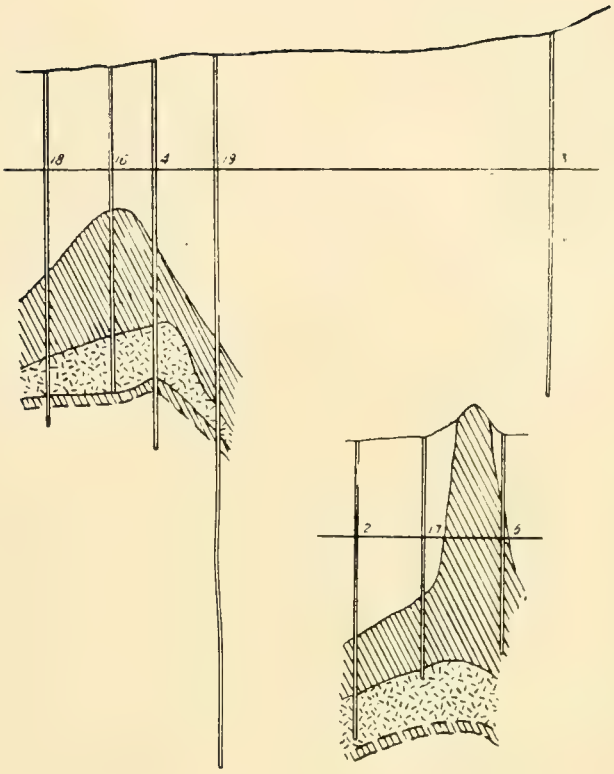


Fig. 3

Fig. 4.

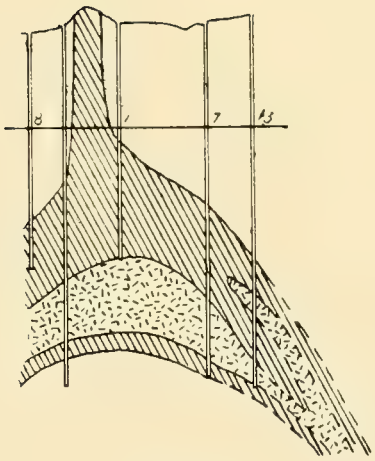


Fig. 5.

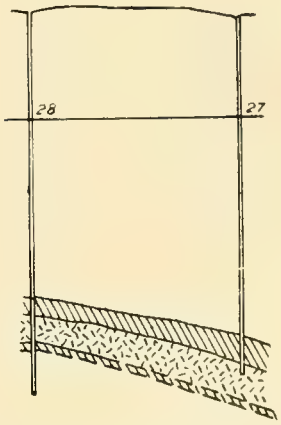


Fig. 6

Fig. 3 á 6. — SECCION GEOLOGICA DEL CAMPO PETROLIFERO DE FURBERO.

trusión se alcanzó a la profundidad de 1,490 piés, o sea a 891 piés bajo el nivel del mar. La forma general está indicada en secciones o cortes que acompañan a este trabajo, figuras 2, 3, 4, 5 y 6.

Dos intrusiones de roca ígnea separadas por 300 piés de esquisto metamorfoseado fueron atravesados por el pozo 13. El área explorada por las actuales perforaciones es de 26 acres, pero se sabe que esta área debe ser mucho más grande.

(5). *Estructura.*—La estructura general de esta región, como la de la planicie costeña del Golfo, comprendiendo cierta distancia hacia el Norte, es la de un monoclinal con echado al Este: las rocas más antiguas, son las calizas cretácicas, las cuales afloran en los plegamientos y fallas de la Sierra Madre, pasando debajo de las rocas del Terciario en la llanura de la costa, en donde crestonean generalmente, en el orden de su sucesión, las más modernas bordeando a la costa. Los lechos del monoclinal están ligeramente plegados, aumentando la brusquedad de los pliegues y las fallas al acercarse a la Sierra Madre; este plegamiento se verificó en el Oligoceno o en el post-Oligoceno, encontrándose sometida después la región entera a la acción de la actividad ígnea, como lo demuestra el hecho de las inmensas corrientes de lava que la cubrían, y cuyos restos cubren actualmente centenares de millas cuadradas. Las rocas sedimentarias fueron separadas por intrusiones, hasta cierto grado; pero las indicaciones de estas intrusiones en la superficie no son muy claras. Parece probable que las intrusiones ascendieron desde abajo en la forma de diques, y al encontrarse algún plano de estratificación presentando la forma anticlinal con poca resistencia y cuyas inclinaciones eran fuertes, se introdujo en este plano tomando la forma de una Y invertida. Como consecuencia de esta intrusión se ha producido una alteración subsecuente tanto en los esquistos como en la roca ígnea, dando como resultado el hacer permeables rocas que ordinariamente no lo son, haciendo posible en ellas la acumulación del petróleo, contenido en las rocas sedimentarias profundas, el cual ha ascendido por grietas, proviniendo probablemente el petróleo de la caliza cretácica, a lo largo de la zona metamórfica de contacto entre las rocas sedimentarias y de las ígneas.

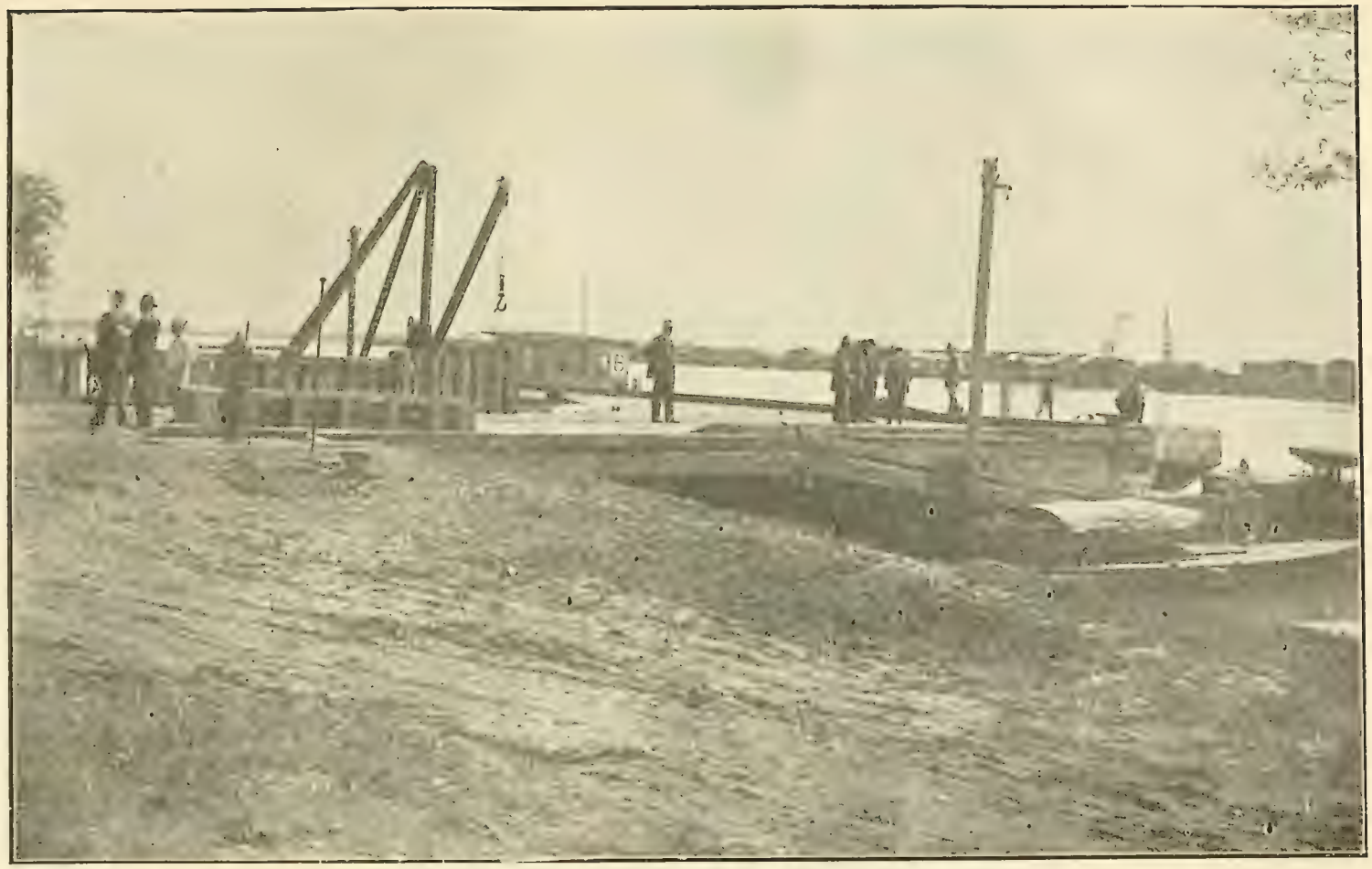
Como ejemplo típico de un corte de las formaciones encontradas en la perforación de un pozo en esta región, se copia el registro del pozo Núm. 11.

POZO NUM. 11 DE FURBERO.	Profundidad en piés.	Grueso de los estratos.
Arcilla amarillenta, desde la superficie hasta.....	29	29
Esquistos azules o grises, con indicaciones de aceite entre 400 y 900 piés.....	1250	1221
Esquistos pardos y negros, de dureza variable, metamórficos, con buenas indicaciones de aceite entre 1650 y 1655 piés..	1665	415

POZO NUM. 11 DE FURBERO.	Profundidad en piés.	Grueso de los estratos.
Arena gris, mostrando en el contacto una buena cantidad de aceite	2028	363
Esquistos negros metamórficos	2150	122
Esquistos grises, no alterados, con pequeña producción de aceite, en la zona de contacto entre la roca ígnea y la sedimentaria	2350	200

Degolyer, en este trabajo, pone de manifiesto que en Furbero existe una formación particular, en que las rocas volcánicas intrusivas han verificado una transformación de los esquistos pertenecientes al piso denominado Méndez, metamorfoseándolo en una roca porosa capaz de contener una gran cantidad de aceite el que probablemente proviene de los estractos profundos de la caliza de Tamasopo, que ha emigrado siguiendo la zona de contacto entre la roca volcánica y la sedimentaria. Los cortes de la intrusión que presentan tienen la forma de una Y invertida; por consecuencia, estos depósitos o acumulaciones petrolíferas deben clasificarse de secundarias o esporádicas siguiendo las ideas de este autor.

México, julio 11 de 1917.



Vista del muelle de la Compañía "El Aguila" en la Barra de Túxpam.

EXTRACTO DEL ARTICULO ESCRITO EN INGLES POR V. R . GARFIAS, TITULADO

"LA REGION PETROLIFERA DEL NORESTE DE MEXICO"

Economic Geology Vol. X No. 3 April May 1915

El señor Garfias tabula las formaciones sedimentarias que se encuentre en esta región, de la siguiente manera:

	Plioceno (?)	Depósitos Cuaternarios y Recientes.	
Terciario	Mioceno	Túxpam	Terciario superior: calizas, arcillas y arenas. 700 pies de potencia.
	Oligoceno	San Fernando, arcillas amarillentas, calizas y arenas.	
	Eoceno	Esquistos de Alazán. Esquistos de Méndez en parte.	Cretácico–Eoceno: esquistos 3000 pies de potencia.
Cretácico	Superior	Esquistos de Papagallos. Esquistos de Méndez en parte.	
		Calizas y esquistos de San Felipe. Cárdenas.	Cretácico superior: calizas y esquistos, 500 pies de potencia.
	Medio	Calizas de Tamasopo.	Cretácico inferior: calizas 3000 pies de potencia.
	Inferior	Calizas del Abra.	

Según este autor, existen muy ligeras señales en todas estas series, de la presencia del petróleo, solamente en algunos de los lechos se percibe un ligero olor de petróleo, por lo que no hay razón para presumir que el petróleo sea indígena de estas formaciones; siendo evidente, sin embargo de que estas capas estratifica-

das y las que se encuentran debajo, representan un papel muy importante en la formación y acumulación del petróleo, siendo posible que en alguna época suministraron la materia orgánica necesaria, para que se pudiera formar el aceite que fué destilado y condensado, tal vez coincidiendo con las alteraciones de la estratificación que presentan actualmente y la alteración en los componentes de la roca; siendo sumamente probable que en la parte superior de esta formación, se encuentran receptáculos ideales comunicados con las cámaras de acumulación del aceite en grandes cantidades, esto es particularmente cierto, allí donde hay levantamientos debido a las intrusiones ígneas subsecuentes a la formación de los recubrimientos (cap rock) volcánicos de los esquistos, o cuando se produjeron resultados semejantes en las rocas sedimentarias profundas por erosión u otras causas anteriores al depósito de los mantos que los cubren. Según este autor, no hay duda ninguna de que las fuentes principales de petróleo en la región, provienen o se encuentran en las calizas y esquistos correspondientes al Cretácico Superior. Esta formación de capas alternadas de arcillas y calizas forman un receptáculo ideal, particularmente cuando han sido plegadas o fracturadas, como pasa en las cercanías de las intrusiones. Su posición estratigráfica inmediatamente encima del supuesto criadero del petróleo, y la gruesa capa impermeable de esquistos, que las cubren se presentan favorablemente para la acumulación.

La mayor parte de los pozos llegan a la zona productiva del petróleo, en cantidades comerciales, después de haber atravesado una serie potente y uniforme de esquistos y una cantidad menor de estratos calizos; como ejemplo, da un corte, que el considera típico de los pozos de Topila.

CORTE TIPICO DE LOS POZOS DE TOPILA.

61	piés.....	Arcillas superficiales.
283	,, ...	Esquistos y lodos (gumbo).
340	,, ...	Lodos (gumbo).
370	,, ...	Esquistos grises.
590	,, ...	Esquistos.
632	,, ...	Esquistos duros.
700	,, ...	Esquistos y lodos blandos.
765	,, ...	Lodos muy malos.
835	,, ...	Lodos.
983	,, ...	Capas alternadas de esquistos y lodos.
1000	,, ...	Esquistos y lodos, con algo de gas.
1109	,, ...	Esquistos y lodos.
1270	,, ...	,, ,, ,,
1576	,, ...	,, ,, ,,

1580	piés.....	Roca.
1713	,, ...	Esquistos y lodo.
1753	,, ...	Esquistos grises duros.
1833	,, ...	Roca.
1845	,, ...	Roca dura.
1852	,, ...	Roca dura azul.
1912	,, ...	Esquistos calizos duros.
1992	,, ...	Roca muy dura.
2008	,, ...	Esquistos azules duros.
2023	,, ...	Calizas.
2026	,, ...	Calizas y esquistos.
2035	,, ...	Esquistos grises.
2040	,, ...	Caliza parda.
2050	,, ...	,, blanca.
2112	,, ...	Calizas pardas y blancos y esquistos.
2140	,, ...	Caliza dura.
2158	,, ...	Esquistos grises blandos.
2173	,, ...	Caliza dura gris.
2235	,, ...	,, gris.
2250	,, ...	Arena obscura y arenisca.
2257	,, ...	Caliza gris.
2267	,, ...	,, obscura.
2289	,, ...	,, parda.
2294	,, ...	Arenas obscuras y aceites y gases.
2317	,, ...	Arenas petrolíferas, asperas obscuras.

El carácter más saliente de la geología de los campos petrolíferos mexicanos, es la presencia de un gran número y la magnitud de las intrusiones volcánicas, los restos de las cuales se encuentran actualmente representados por diques, lechos interestratificados y por conos basálticos aislados, rompiendo la monotonía de las llanuras costeñas. La actividad volcánica ha sido más intensa en la parte Sur del área, alcanzando su mayor desarrollo en la Sierra de Otontepec, que es una masa irregular de cerca de 3,500 pies de altura sobre el nivel del mar. La locación de muchas de las intrusiones fué probablemente gobernada por una serie de fallas, o por la menor resistencia en ciertas direcciones de los estratos superadiacentes. Las intrusiones se verificaron al fin del Terciario, siendo posible que se haya producido al principio del Cuaternario, consisten principalmente de basalto, acompañados en ciertos lugares, de cenizas volcánicas y conglomerados volcánicos.

La mayor parte de las indicaciones superficiales del aceite, están íntimamen-

te asociados con los basaltos, como: en La Paz, Chijol, Pánuco, San Jerónimo, La Merced, Rancho Bajo, Monte Alto, Las Higueras, Dos Bocas, Casiano, Cervantes, Tres Hermanos, Tinaja, Ojo de Brea, Chapopotillo, Monte Grande, Moralillo, Cerro Azul, Juan Felipe, Las Borrachas, Piedra Labrada, Cerro Viejo, Potrero del Llano, Tierra Amarilla y Chapopote Núñez.

La idea general de la forma de estas intrusiones, es la de un cono o pirámide más o menos irregular, en posición normal, el vértice del cual puede o no llegar hasta la superficie del terreno.

El grueso de las intrusiones basálticas al pasar por los esquistos Cretácicos–Eócenos, crece aproximadamente a medida que se acercan a la superficie, en una relación uniforme.

La zona horizontal de los plegamientos de los esquistos, al rededor aumenta hacia la superficie.

La zona horizontal del fracturamiento varía con el plegamiento de los estratos, pero el número de fracturas es mucho mayor en los lechos profundos.

Las fracturas parecen ocurrir a lo largo de planos aproximadamente verticales, formando canales profundos semejantes a pozos. Estos agujeros profundos, llenos parcialmente de basalto y esquistos, pueden estar efectivamente cerrados, antes de llegar a la superficie, debido al menor número de fracturas en los mantos superiores y al aumento del grueso de las intrusiones hacia la superficie.

Es necesario hacer notar que, aunque la mayor parte de los pozos más productivos hasta ahora se han perforado cerca de las intrusiones, éstas no son esenciales para las grandes acumulaciones de petróleo, puesto que cualesquiera de las cavidades que se encuentren debajo del manto de rocas impermeables, debidas a otras causas que no sean las intrusiones, pueden bajo condiciones favorables formar receptáculos de importancia económica para la acumulación de petróleo.

La Sierra Madre Oriental ha inclinado ligeramente la mayor parte de las formaciones sedimentarias que se encuentran entre las montañas y la costa. Esta estructura de un monoclinal ligeramente acentuado, ha sido modificada al Sur por las intrusiones volcánicas cerca de Tantima, las cuales, presentando una dirección al Sureste, han producido una inclinación monoclinal hacia el Noreste. Los pliegues y las fallas en las tierras bajas no se continúan a largas distancias, ni su dirección es uniforme; lo cual indica que no deben su existencia a un levantamiento regional, sino a causas locales, algunas de las cuales se encuentran representadas en la superficie por los derrames de rocas ígneas o por levantamientos locales de las formaciones sedimentarias que se encuentran encima de las intrusiones.

Tres anticlinales más o menos claros, con dirección Norte–Sur, pueden deter-

minarse: uno pasando cerca del Ebano, otro entre Méndez y Chila, y el tercero entre Tamós y Ochoa. En la sección entre Pánuco y Topila, hay por lo menos dos pliegues semejantes, y una línea de fractura, que se marca en la superficie, por la serie de chapopoteras que aparecen desde Otontepec a Tantima y de este lugar hasta Dos Bocas.

Existe numerosas fallas en toda la llanura, cuya locación es de muchísima importancia determinar, puesto que marcan el límite de la migración del aceite o del agua. Debido a la falta de datos superficiales sobre la estructura interna, las áreas productivas sólo se pueden explotar aproximadamente, y el valor de los datos obtenidos por las diversas perforaciones que se han hecho, serían sumamente importantes para determinar los límites de las zonas productivas y establecer las condiciones en que se ha hecho la acumulación del petróleo en lo general; desgraciadamente, como lo hace notar más lejos el Sr. Garfias, las Compañías ocultan estos datos, pudiendo agregar, que la manera de cómo se hacen las perforaciones, no permite hacer una determinación precisa de las capas atravesadas, ni sobre su composición mineralógica.

Muy poco se conoce definidamente acerca del origen del petróleo en las planicies mexicanas de las costas; simplemente como asuntos de discusión presenta las siguientes sugestiones:

1. Por razones obvias el petróleo no ha sido originado en los 700 pies de calizas arenosas, conglomerados y arcillas de la Edad Terciaria, que afloran en algunos lugares.

2. Si los 3,000 pies de los esquistos Cretácico–Eócenos fueran la fuente del petróleo, deberían presentar un carácter más bituminoso, o por lo menos presentar restos orgánicos, para que se pudiera explicar la existencia de las grandes cantidades de petróleo que se encuentran en estos campos petrolíferos. Los esquistos que se encuentran aflorando en casi toda la área del Norte, sólo presentan signos de contener aceite, cerca de las intrusiones, y en todos los lugares en donde se ha podido estudiar, tienen caracteres anorgánicos.

3. La migración del petróleo en los esquistos impermeables de esta naturaleza, se verifica a lo largo de los planos del plegamiento, y cualquiera barrera tal como la de los basaltos intrusivos que cortan transversalmente los planos de migración, deberán interceptar el flujo. Cuando las condiciones son favorables, las cercanías de la barrera puede llegar a ser una zona ideal de concentración para el flujo de todos los canales laterales que haya cortado, debiéndose a la amplia área resultante de drenage la acumulación del petróleo ésta es comparativamente grande, aun cuando la cantidad de materia orgánica contenida en los esquistos sea pequeña; en otras palabras, los basaltos que se encuentran como intrusiones en los esquistos Cretácico–Eócenos, seguramente son uno de los medios

más efectivos para verificar la concentración de los hidrocarburos que pueden estar diseminados en la masa de estos estratos.

4.—Por último, es claro que si las calizas cretácicas produjeron el petróleo, esto debió haber sido antes de la época en que cambiaron su estructura primitiva a la actual, en que se presentan compactas y más bien cristalinas, siendo probable que la condensación del aceite coincidió con el cambio en la naturaleza de los estratos; habiendo podido emigrar el petróleo hacia los lechos superiores, con ayuda del agua acumulándose en las calizas y esquistos del Cretácico Superior, en las zonas favorables creadas por las intrusiones ígneas o por una previa erosión: la emigración debió haberse verificado necesariamente después de la sedimentación de las rocas esquistosas Cretácicas–Eocenas que cubren los campos petrolíferos mexicanos.

En resumen, el Sr. Garfias está de acuerdo con la mayoría de los autores respecto a la clasificación geológica de los estratos que se encuentran en las formaciones de los terrenos petrolíferos del Golfo de México, las cuales refiere al Cuaternario, Terciario y Cretácico: sostiene que las acumulaciones de petróleo e hidrocarburos gaseosos, se han verificado a lo largo de los diques basálticos por lo general; pero también admite que en los lugares en que la erosión haya dejado huecos, allí deben encontrarse acumulaciones de petróleo, siempre que estos huecos se encuentren debajo de los esquistos impermeables del Eoceno, Oligoceno, Mioceno y Plioceno. En cuanto al origen del petróleo, lo atribuye de una manera vaga a las calizas de Tamasopo, del Cretácico medio, auque no encuentra datos suficientes para afirmarlo: para él la emigración del aceite y de los gases se hizo antes de que los estratos fueran modificados por la acción de las rocas ígneas intrusivas, a lo largo de los planos de yacimiento, a favor de la presión del agua; habiéndose detenido esta emigración a las capas superiores en el sentido vertical, por la cubierta de rocas, esquistos generalmente impermeables, o a los derrames de lavas; superficiales, y en el sentido horizontal, por los diques basálticos que cortan a los estratos, encontrándose segun él, en la vecindad de los diques los depósitos petrolíferos más importantes y en ciertos lugares en donde se encuentran las circunstancias más favorables.

México, julio 16 de 1917.

Vista general del muelle de la Compañía "El Aguila," sobre la margen izquierda del Río Pánuco.

EXTRACTO DEL ARTICULO TITULADO

"YACIMIENTOS DE PETROLEO EN EL ORIENTE DE MEXICO"

Comparados

con los de Texas y Luisiana, escrito en inglés por E. T. Dumble, B. S., Houston, Tex. (San Francisco Meeting, sep. 1915)

La historia de los diversos yacimientos petrolíferos que se encuentran en Texas y en México, o de las formaciones sedimentarias entre las cuales se ha encontrado hasta hoy el aceite mineral, lo mismo que el hecho referente al petróleo que en ellas se encuentra, sea o no indígena, de las rocas donde se encuentra actualmente acumulado sólo se conoce a grandes rasgos, pero es suficiente para arrojar una luz sobre las condiciones en que se halla y la grandísima importancia que tiene para su busca y su explotación.

Los depósitos de Texas pueden separarse en dos grandes divisiones:

(1º) Los depósitos del Noroeste, que se relacionan directamente con los de Oklahoma en los campos petrolíferos del Norte, los cuales no tienen representantes con ninguno de los encontrados en el área mexicana.

(2º) Los depósitos de la zona de la costa, que se prolongan dentro de la Luisiana Oriental, que se relacionan con los de la costa mexicana al Sur.

Entre la gran formación de Luisiana en el Norte y la mucho más importante y extensa formación mexicana al Sur, existe un intervalo de más de 600 millas, en que estas formaciones no se encuentran representadas dentro del área costeña, solamente puede considerarse que una porción de los esquistos de Eagle Ford, representan un período de tiempo equivalente, aunque en este caso, en la formación mencionada no se han encontrado depósitos de petróleo.

Inmediatamente sobre la caliza de Tamasopo, existen una serie de calizas y arcillas que se conocen con los nombres de San Juan o San Felipe, las cuales están a su vez cubiertas por las formaciones conocidas con el nombre de esquistos de Papagallos o de Méndez. En las calizas de San Juan se han encontrado algunas amonitas imperfectamente conservadas, que pudieran referirse a las margas de Taylor o a la creta de Austin. En los esquistos de Papagallos, no se han encontrado fósiles. Representan éstos, los últimos depósitos de las forma-

ciones del Cretácico en el área costeña mexicana, cuya facie no tiene ningún representante en Texas.

Esta divergencia en la geología histórica, principia durante el período de la creta de Austin, con la aparición de la barrera que se encuentra al Sur de Eagle Pass, en las inmediaciones del río de Sabinas; esta barrera se extendió al Suroeste hasta el Golfo, cerca de (Tordo Bay) Bahía del Tordo, así es que, en lugar de una línea contínua de costa como se ve actualmente, existían en ese tiempo dos cuencas separadas, la del Sur estando en comunicación directa con las aguas del Pacífico, y la del Norte con las aguas del Atlántico; este estado de cosas permaneció hasta a fines del Eoceno, y los esquistos de esa edad que se encuentran sobre la formación de Papagallos, al Sur de la barrera tamaulipeca, contienen fósiles de los tipos californianos, más bien que texanos; estos últimos, se depositaron en la región Norte del dique o barrera. Estos esquistos fueron seguidos por depósitos de otros nuevos y además arcillas amarillentas, arenas y calizas que contienen fósiles de invertebrados marinos, siendo los de la parte superior del Oligoceno y los de la inferior del Mioceno.

Durante el Cretácico superior y el Terciario, las condiciones existentes a lo largo de la costa del Golfo, al Norte de la barrera de Tamaulipas, fueron muy diversas, encontrándose depósitos marinos alternados con depósitos palustres, aluviales y eólicos; mostrando aquí una variación continuada en los depósitos, en lugar de la uniformidad que se nota en las formaciones de la área mexicana propiamente dicha.

La historia de los depósitos de aceite en estas dos áreas, es tan diferente como su geología. Al fin del Cenomaniano, la formación y depósito del petróleo parece que disminuyó en la región mexicana al Sur de la barrera de Tamaulipas, y pocos, si acaso algunos, de los depósitos de aceite indígena explotable, han sido encontrados en los lechos del Cretácico superior o del Terciario.

Al Norte de Soto la Marina, como las formaciones son en su mayor parte la continuación directa de las formaciones de Texas, debe haber semejanzas en los depósitos petrolíferos, si es que existen; desgraciadamente los trabajos de perforación no se han llevado con la rapidez y a la profundidad suficiente, para que permitan establecer una afirmación fundada respecto a ellos.

Es muy probable que exista un gran contraste entre los yacimientos de petróleo en México y los de Texas y Luisiana; pues mientras los de México parecen haberse desarrollado y originado prácticamente en un sólo horizonte, los petróleos indígenas de Texas y Luisiana, no sólo se hallan en un horizonte semejante en gran cantidad, sino que también se encuentran en varios otros horizontes, tanto arriba como debajo en las formaciones pensilvánicas hasta el Plioceno.

El petróleo mexicano se encuentra en una formación que ha estado sujeta a la influencia de grandes fuerzas orogénicas y a la de los materiales intrusivos y

extrusivos que son basálticos. Los depósitos de Texas y Luisiana, encontrándose en áreas en que las acciones orogénicas han sido muy ligeras y en las que no se conocen los materiales eruptivos, como en el Noroeste de Texas; en aquellos en donde esta influencia ha sido mucho mayor, como los de la parte central de Texas y la parte occidental de Luisiana, en las que se encuentra el basalto como roca intrusiva, nos encontramos también sal y yeso asociado con azufre, aunque este último, puede considerarse como producto secundario.

Los yacimientos petrolíferos mexicanos son aparentemente de mucho mayor extensión e importancia, siendo las condiciones de su yacimiento mucho más uniformes que la de los campos petrolíferos de Texas y Luisiana; por consecuencia, los problemas a que da lugar su descubrimiento y explotación, son mucho más sencillos y de más fácil resolución.

Tomados en conjunto, los yacimientos petrolíferos mexicanos presentan una área mucho más extensa, con pozos brotantes de gran volumen de producción y de mayor vida que los que se encuentran en Luisiana y Texas.

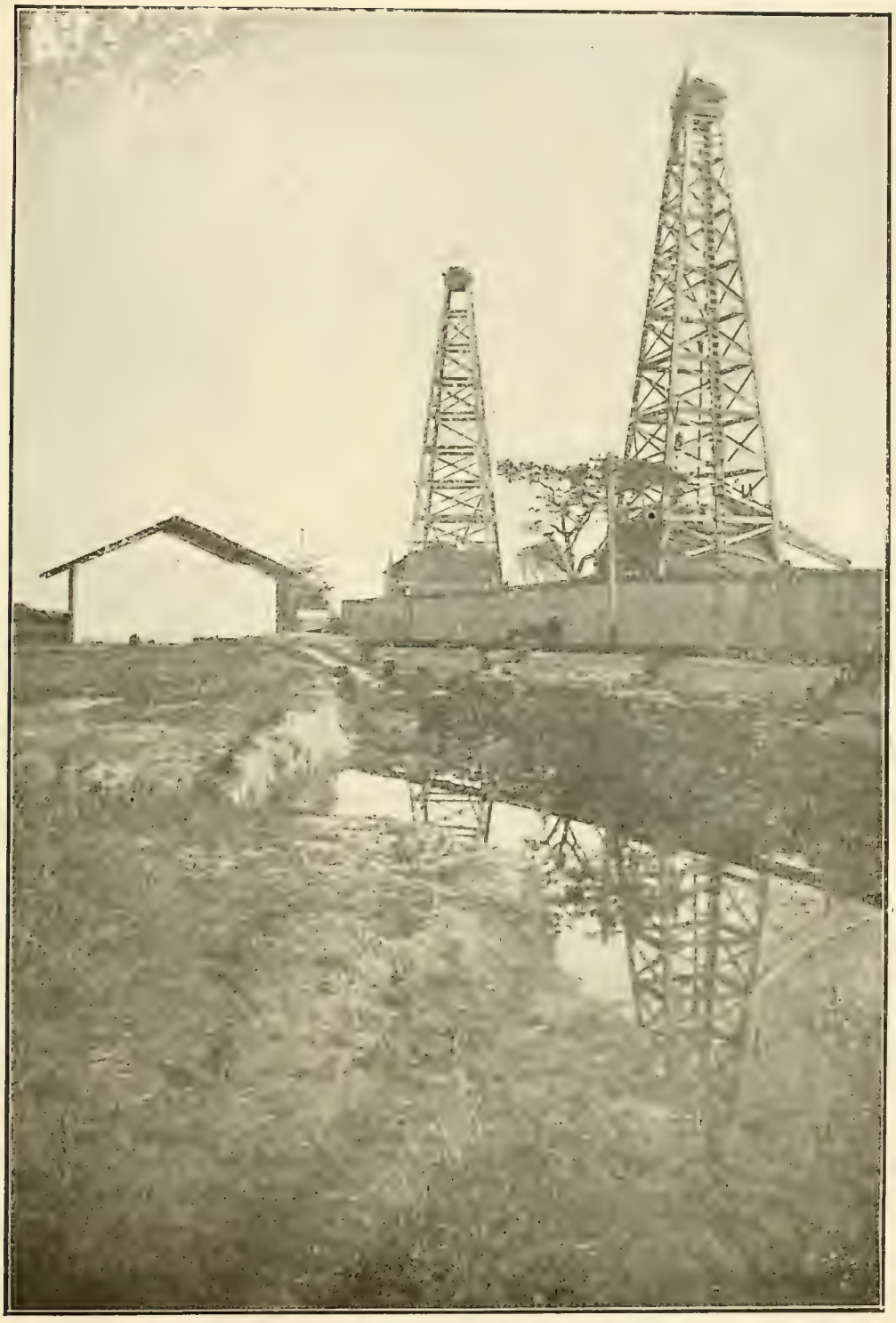
En resumen: los yacimientos petrolíferos mexicanos de la costa del Golfo, parecen ser una continuación de los yacimientos californianos y de la Luisiana, siendo mucho más extensos y productivos que los de California, presentando grandes diferencias con la mayoría de los de Texas.

EL PETROLEO EN LA REPUBLICA MEXICANA

INTRODUCCION

La existencia del potróleo en varios lugares del amplio territorio dominado por España en América hasta principios del siglo XIX, era conocida de los primitivos moradores de estos países, especialmente dentro del área conocido con el nombre de Nueva España, una fracción de la cual se conoce actualmente bajo el nombre de República Mexicana o Estados Unidos Mexicanos, especialmente en los Estados que se encuentran limitados por el Golfo de México, han revelado poseer en el subsuelo inmensas riquezas petrolíferas susceptibles de una fácil explotación, la cual no ha principiado a desarrollarse sino desde los años de 1880 en adelante con lentitud, y a partir de 1910 con gran rapidez bajo la influencia del capital extranjero; especialmente, en provecho de las industrias extranjeras, de los Estados Unidos del Norte y de Inglaterra, países que dominan igualmente los medios perfeccionados de transporte con que contamos tanto en el interior de la República como en las vías marítimas, que hacen posible la exportación de todos nuestros productos naturales.

Los dos hechos apuntados, explotación tardía del petróleo y su aprovechamiento por naciones extranjeras en casi la totalidad de la producción, son el resultado de nuestro atraso industrial y de las faltas políticas de nuestras instituciones, principalmente la hacendaria, que en su afán de atraer a los capitales extranjeros, no se han detenido en sacrificar los verdaderos intereses de los nacionales, que se ven en el caso de vender su trabajo a cambio de jornales irrisorios y los productos naturales o materias primas que arrancan del suelo y del subsuelo a vil precio; que en realidad representan partículas físicas y biológicas del territorio, que se venden por un puñado de monedas, que no bastan para cubrir todas las necesidades de nuestro pueblo y del gobierno que nos rije; hoy ha cambiado algo el rumbo de la política mexicana, gracias a la revolución triunfante, pero la rémora creada por los intereses extranjeros que al amparo de las concesiones anteriores, se han adueñado de las riquezas naturales del suelo mexicano,



Vista de los pozos petrolíferos de "La Corona," en Pánuco.

contrariamente a lo que hasta hoy pasa, debían ser explotadas en provecho de los mexicanos, pero la presión constante que ejercen sobre nuestro Gobierno los intereses creados extranjeros, sirviéndose como punto de apoyo para darles apariencia de legalidad a sus demandas, los errores económicos de nuestro Gobierno pasado, que nunca cuidó sino en la apariencia, de que los capitales extranjeros dedicados a la industria se mexicanizaran por completo, no permitirán realizar los ideales patrióticos de la Revolución Constitucionalista, "México para los Mexicanos," sin distinciones de clases ni de partidos, sino hasta que transcurran varias décadas.

El hecho de que la explotación del petróleo haya sido tardía, tiene su explicación en el estado revolucionario de vida que hemos llevado desde la independencia hasta la fecha, pues los intereses de las clases medias y bajas de nuestro pueblo han estado siempre en contraposición con los de las altas; que en tiempo del virreynato estaban representadas por los intereses españoles derivados de la conquista, y al consumarse la Independencia siguieron siendo españoles como lo son hasta nuestros días, en que representan los grandes capitales que se consideran en apariencia como mexicanos, habiendo sido dominados o absorvidos por los capitales norteamericanos, ingleses y franceses en los últimos cuarenta años, al amparo de la protección decidida de los Gobiernos pasados, puede decirse que el capital mexicano ha desaparecido, si es que alguna vez haya existido, en mi concepto no ha existido nunca, sino de hecho, es todo extranjero. Al desarrollarse las vías de comunicación manejadas por los extranjeros y especialmente las marítimas, que ponen a nuestro país en comunicación con los países consumidores, se presentó la oportunidad, a causa del consumo mundial siempre creciente, de hacer la explotación del petróleo que se encuentra en las costas del Golfo de México, dentro del territorio de la República, como se había hecho, en provecho de la industria de los norteamericanos, de los yacimientos de Texas y de California, que antes constituyeron una parte integrante del territorio de la República Mexicana.

Las tentativas anteriores a los años de 1880 para explotar el petróleo en el Estado de Veracruz principalmente, en Chiapas y Tabasco, no tenía sino un interés local, muy restringido, por la carencia de vías económicas de transporte tanto en el interior del país como para el exterior: la insalubridad del clima, la poca población y la inseguridad relativa que reinaba en casi todo el país hasta los años de 1884, fueron otras tantas causas que contribuyeron a mantener en gestación a la industria petrolera en México; debiéndose agregar que el empleo del petróleo de base de asfalto, apenas comenzaba a ser aplicado en grandes cantidades como combustible industrial en los Estados Unidos, Rusia, etc., al desarrollarse este empleo, principalmente en la marina, se creó un consumo fenomenal que hizo imperativo el buscar otros yacimientos petrolíferos fuera de

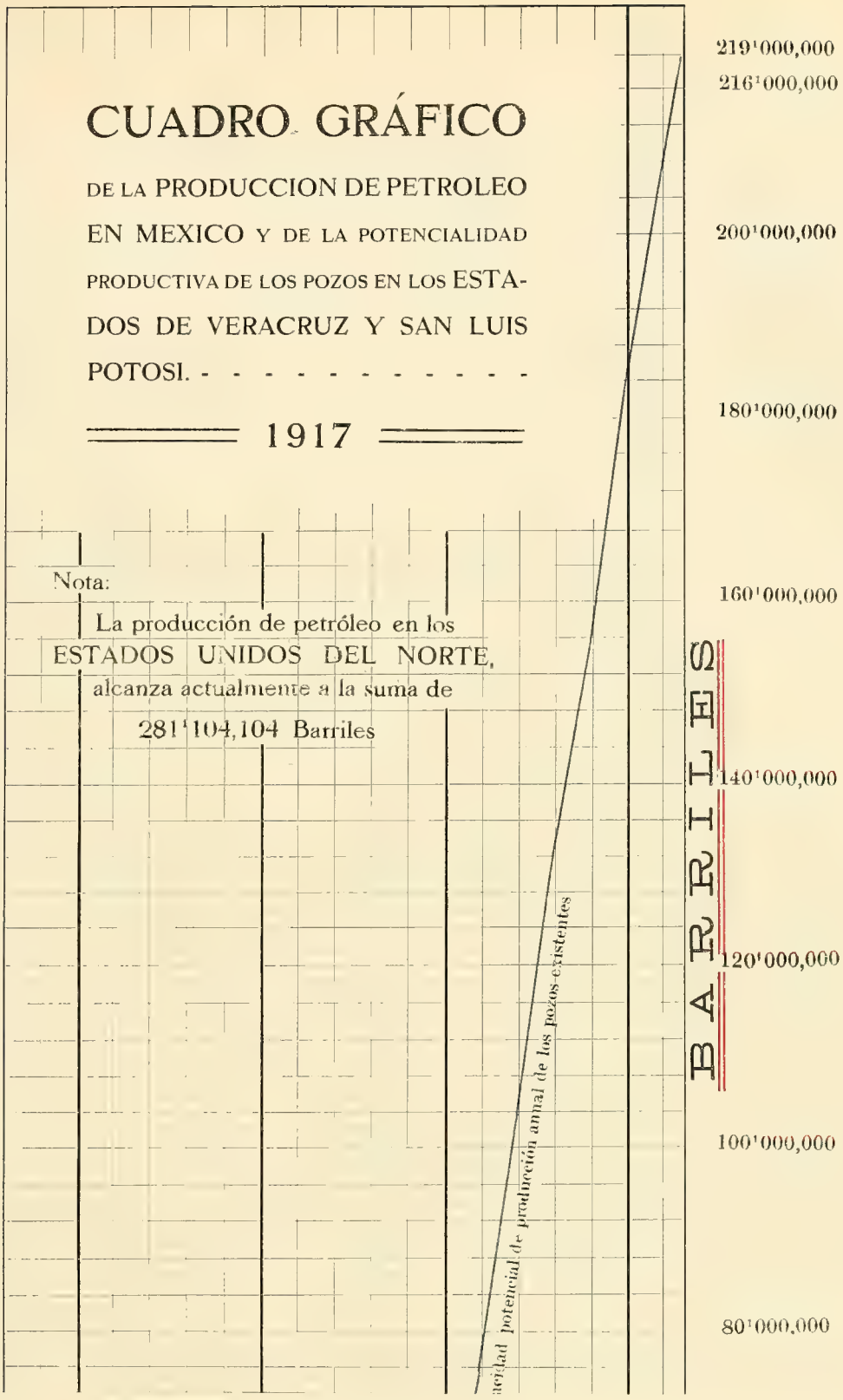
los conocidos y explotados, en Estados Unidos, Rusia, Rumanía, Austria, etc., etc., que habían hasta entonces bastado para el consumo mundial: hoy el petróleo se busca en todas partes del Mundo y se encuentra en muchas regiones, pero los yacimientos petrolíferos mexicanos de los Estados que bordean al Golfo de México parecen ser los más productivos y los más ricos de todos los conocidos, cosa que todavía en 1908 el Instituto Geológico de México no se atrevió a afirmar en su Boletín núm. 26, escrito por el Ing. Juan de D. Villarello. El que esto escribe, en un pequeño trabajo titulado "Ligero estudio sobre los pozos de el EBANO," sí presintió la grande importancia de los yacimientos petrolíferos mexicanos del Golfo de México, señalando como muy importante toda la región al Sureste del Ebano, indicando claramente como petrolífera la zona de Pánuco, en donde no había ningunas perforaciones en 1906, fecha de la lectura de este trabajo en la Sociedad Geológica Mexicana.

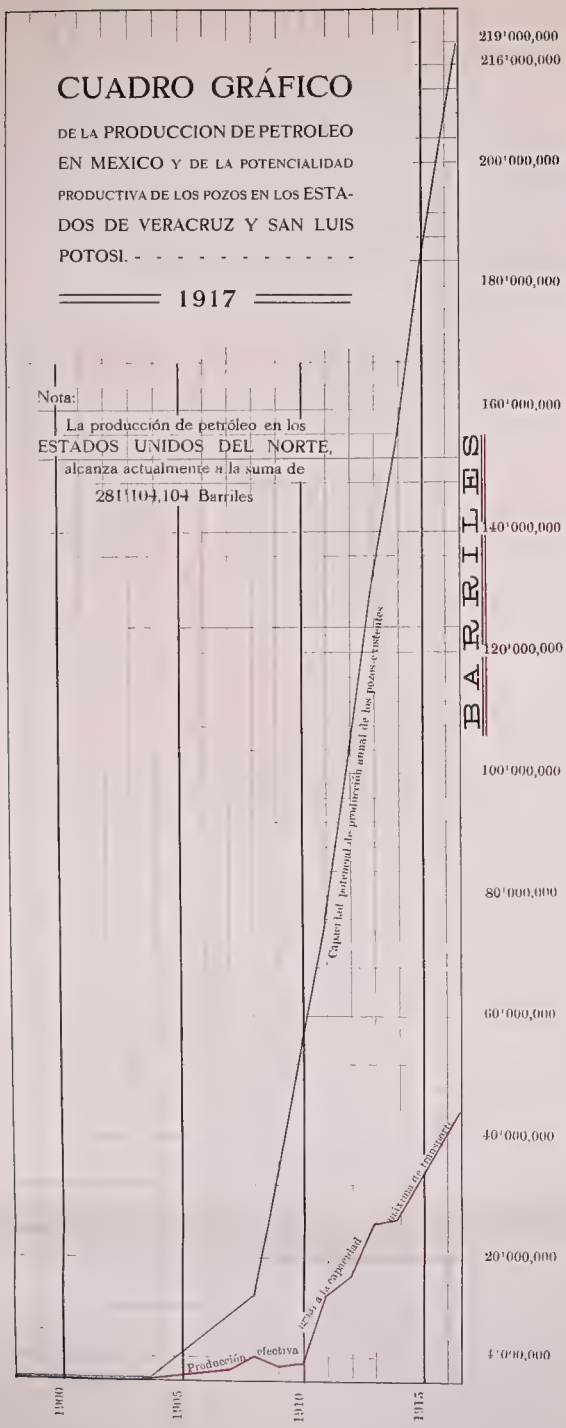
El desarrollo de la Industria Petrolera en México, gracias al capital extranjero y a la actividad industrial de sus representantes, ha llegado a adquirir un puesto prominente entre las similares del mundo, llegando México ha exportar y producir una cantidad de barriles que lo colocan en el segundo puesto como productor de petróleo, aunque por la escasez de vías de comunicación y la falta de buques tanques, no pueda poner en el mercado todo lo que es susceptible de producir con los pozos con que cuenta actualmente, en que la potencialidad de producción se estima en más de 500,000 barriles diarios; existiendo una área de terrenos no explotados, de más de7.670,000 hectáreas: la parte explorada actualmente, sólo es de unas 600,000 hectáreas o sea la doceava parte de los terrenos petrolíferos mexicanos de todo el territorio nacional.

CAPITULO I.

PARTE HISTORICA

La existencia del petróleo de base asfáltica en los Estados del Golfo fue indudablemente conocida por los primeros pobladores del Anáhuac, como lo demuestra el hecho de que en algunos de sus monumentos más antiguos se haya encontrado el asfalto empleado como argamasa para unir a los sillares, su empleo como medicina y materia aromática a que hacen alusión los escritores antiguos diciendo que la quemaban delante de sus ídolos, y como chicle o substancia para mascar; en el alumbrado bajo la forma de hachones con mecha de ixtle o de candilejas, siendo uno de los artículos de comercio que se encontraba en todos los mercados aztecas.


CUADRO GRÁFICO
DE LA PRODUCCION DE PETROLEO EN MEXICO Y DE LA POTENCIALIDAD PRODUCTIVA DE LOS POZOS EN LOS ESTADOS DE VERACRUZ Y SAN LUIS POTOSI. - - - - - - - - - - -
1917
Nota:
La producción de petróleo en los ESTADOS UNIDOS DEL NORTE, alcanza actualmente a la suma de 281'104,104 Barriles
219'000,000
216'000,000
200'000,000
180'000,000
160'000,000
140'000,000
120'000,000
100'000,000
80'000,000
BARRILES
acidad potencial de producción anual de los pozos existentes


CUADRO GRÁFICO
DE LA PRODUCCION DE PETROLEO EN MEXICO Y DE LA POTENCIALIDAD PRODUCTIVA DE LOS POZOS EN LOS ESTADOS DE VERACRUZ Y SAN LUIS POTOSI.
1917
Nota:
La producción de petróleo en los ESTADOS UNIDOS DEL NORTE, alcanza actualmente a la suma de 281'000,104 Barriles
219'000,000
216'000,000
200'000,000
180'000,000
160'000,000
140'000,000
120'000,000
100'000,000
80'000,000
60'000,000
40'000,000
20'000,000
4'000,000
BARRILES
Capacidad potencial de producción anual de los pozos existentes
Producción efectiva
Producción a la capacidad
Máxima de producción
1900
1905
1910
1915

El nombre de "Chapopote" con que se conoce en México el asfalto natural, más o menos impuro, que se obtenía de la superficie de los terrenos petrolíferos o de las orillas de los lagos y ríos de la región, según el Lic. Robelo, se deriva de las palabras aztecas *Zaucttli* engrudo o pegamento, y *Popechtli* perfume, o sea perfume–pegamento, hace creer que lo empleaban igualmente como una especie de cola para unir diversos cuerpos sólidos entre sí.

La circunstancia de que la mayor parte de esta substancia se recogía en las orillas del mar, de los lagos, lagunas, ríos y esteros de la zona tropical, en donde abundan los lagartos, hizo creer que esta substancia asfaltosa no era sino el excremento de los lagartos, designándolo también con el nombre de chicle prieto, para diferenciarlo del verdadero chicle, que en muchos de esos lugares se obtiene en cantidad de los árboles del chico–zapote y otros vegetales de la gran familia de las Zapotáceas, que es también un artículo de comercio de mucha importancia desde tiempos muy remotos.

La explotación en grande escala y aprovechando todos los adelantos modernos para obtener el petróleo del subsuelo en cantidades comerciales, no se emprendió sino hasta los años de 1880 en adelante, generalmente por compañías formadas por la iniciativa de extranjeros, empleando capital extranjero y, en contados casos, con capitales muy pequeños mexicanos.

La explotación sistemática del petróleo en el mundo, no adquirió un gran desarrollo sino hasta que los norte–americanos, en los años de 1858 en adelante, principiando por el pozo que en Titusville, Pensilvania, logró obtener el americano Drake y se aplicó al petróleo crudo un procedimiento de refinación bastante sencillo. Este procedimiento, de origen alemán, consistía en tratar por destilación fraccionada al petróleo crudo y después someter los destilados obtenidos a la acción del ácido sulfúrico diluido, que forma con los compuestos hidrocarburados no saturados un lodo que se puede separar por decantación del aceite ya refinado; en seguida se le somete a una serie de lavados con sosa cáustica y agua para quitarle el exceso de ácido sulfúrico, obteniéndose de los petróleos de Pensilvania los aceites iluminantes, que eran los únicos que encontraban amplio mercado. Más tarde, allá por los años de 1887, al obtenerse los petróleos de base asfáltica en Spindle Top, Beaumont, Estado de Texas, se hicieron varios experimentos para emplear este líquido de color negro y sumamente viscoso, como combustible en las calderas para la producción de vapor; pues estos petróleos pesados contienen relativamente una pequeña cantidad de aceites propios para el alumbrado: el resultado práctico de estas experiencias, vino a demostrar que este combustible líquido, presenta grandes ventajas en su manejo comparado con el carbón de piedra, es mucho más económico, puesto que para vaporizar cierta cantidad de agua se necesita un peso de combustible mucho menor, siendo el resultado en esas experiencias que adolecían de varios defectos para poder aprovechar to-

do el poder calorífico del petróleo, que 100 en peso de petróleo equivalían a 173 de antracita de la mejor calidad; si a esto agregamos que el valor comercial del petróleo crudo de base asfáltica es mucho menor que el del carbón de piedra o de la leña, se comprende que será siempre muy ventajoso el empleo del petróleo crudo de base de asfalto como combustible, no sólo para la producción del vapor sino para casi todos los usos en que hay necesidad de emplear un combustible: esto explica el gran desarrollo que ha adquirido en tan pocos años el empleo de petróleo de base asfáltica, que parece se encuentra en muchas de las formaciones geológicas que integran la corteza terrestre.

En un gran número de industrias, reemplaza el consumo que antes se hacía del carbón mineral, cuyo empleo queda actualmente relegado a segundo término; siendo probable que la explotación de los yacimientos carboníferos, vaya disminuyendo a medida que se perfeccione la combustión industrial del petróleo pesado, pues es posible aprovechar industrialmente hasta el 72% de las calorías que produce su combustión, mientras que del carbón sólo se ha logrado un aprovechamiento del 12% en las mejores condiciones. Una vez encontrado este nuevo empleo del petróleo crudo de base asfáltica, el desarrollo de la Industria Petrolera no ha tenido entre nosotros más límites que los medios de transporte entre los centros de consumo y los lugrares productores. En los Estados Unidos la fiebre del petróleo ha invadido a todos los Estados de la Unión; traspasando las fronteras, se ha extendido a los Estados mexicanos del Golfo, que presentan dos grandes ventajas: la primera, contar con medios naturales de transporte, susceptibles de mejorarse a poco costo, y segundo, que los yacimientos petrolíferos han resultado de una riqueza sorprendente, no siendo raro encontrar pozos brotantes (Gushers) con producción de más de 100,000 barriles diarios, y esto por un largo período de tiempo, que hasta hoy no se ha llegado a determinar, pues pozos que tienen una fuerte producción no dan señales de diminución en 7 a 12 años que llevan de producir petróleo.

Como el petróleo que se ha encontrado en los principales centros productores del Estado de Veracruz, que es actualmente el productor mayor de petróleo de los Estados de la República Mexicana, y probablemente el que aisladamente produce la mayor cantidad de petróleo crudo del mundo entero, es de base asfáltica, pesado 10° a 17° Bé., cargado de azufre 4 a 5% y en algunos casos con un 2 a 7% de agua, ya sea emulsionada o disuelta coloidalmente, natural era que la industria no se desarrollara sino hasta que se hubiera encontrado un empleo práctico y abundante al petróleo pesado de base asfáltica, que los refinadores antiguos no aceptaban, y que hoy gracias a los adelantos de la industria también refinan, aprovechándose de casi todo lo que contienen bajo la forma de productos elaborados; por consecuencia, no hay que lamentar que la industria petrolera mexicana se desarrollara 27 años después que la de Pensilvania: nuestra indus-

tria petrolera se ha desarrollado casi al mismo tiempo que la industria americana de aceites asfálticos. La industria de los petróleos ligeros sí se encuentra muy atrazada, debido principalmente a la ubicación de los yacimientos, a la falta de vías de comunicación, el poco consumo local interior y a la apatía de los capitalistas, tanto mexicanos, en la que es tradicional, como en la de los extranjeros, que naturalmente se dedican a explotar aquello que reclama menos trabajo y capital como son los yacimientos de los Cantones de Ozuluama y Túxpam, en el Estado de Veracruz, y Ebano en el partido de Valles, Estado de San Luis Potosí; existen explotaciones de segunda categoría, en otras partes del Estado de Veracruz, en el Itsmo de Tehuantepec, en el Estado de Chiapas y en el de Tabasco, etc. etc. La insignificante demanda real y efectiva en el interior del país para los combustibles por falta de industria.

La escasez de nuestras vías de comunicación han hecho que la industria sólo se ha desarrollado embrionariamente en los lugares en donde existen caídas de agua y se cuenta con centros cercanos de consumo, como pasa con nuestras fábricas de hilados y tejidos, que en cerca de cien años que tienen de establecidas, no han podido llegar, en los informes de los propietarios, a producir manta siquiera al precio que sale costando en Inglaterra, que tiene que importar todo el algodón que consume, de América, India y Egipto, y según estos industriales mexicanos, su industria sólo puede prosperar vendiendo al pueblo la manta sumamente cara y de calidad inferior: una excepción son los establecimientos metalúrgicos, en donde se benefician los metales de oro y plata, en los que el transporte, aunque salga caro, puede resistirlo el producto hasta llegarse a exportar, siendo a pesar de esto, las mismas causas las que influyen para que la mayoría de los yacimientos de metales que no sean plata y oro, no se hayan desarrollado como debieran; pues aun el cobre, que representa un buen renglón de nuestras exportaciones, no ha sido explotado en la escala a que se debe, pues contamos con yacimientos cupríferos sumamente ricos y abundantes en casi todos los Estados de la República Mexicana.

La creación de mercados o centros de consumo en el interior del país, lo mismo que la implantación de las industrias viables, entraña realmente el gran problema que se tiene que resolver, para que nuestra industria petrolera sea benéfica para los mexicanos, como lo ha sido para los Estados Unidos del Norte la Industria petrolera similar; para esto hay que multiplicar las vías de comunicación y abaratar los fletes, cosa que estamos en posibilidad de hacer, empleando el petróleo, tanto para el arrastre de las mercancías como para la producción de todo lo que se necesita fabricar para tener material fijo y rodante, netamente nacional; esto mismo se puede ir extendiendo a las industrias con que actualmente contamos que emplean todas maquinaria producida en el extranjero y a las que debe procurarse se funden, ya en los ramos explotados, ya en los que aún no se han explotado, que son muchos; a pesar de que contamos con casi todas las ma-

terias primas necesarias, que hoy por los escasos medios de comunicaciones interiores, se encuentran más al alcance de las industrias extranjeras que de las nuestras.

Las leyes fiscales han sido siempre la rémora más grande con la que se ha tropezado para la implantación de una industria en el país, debido a la penuria crónica que han padecido nuestros gobiernos desde la independencia, aún en la época en que aparentemente se saldaban los años fiscales con superavits; así es que la industria sólo ha podido implantarse a favor de enormes concesiones, que constituyen monopolios en contra de la mayoría del pueblo mexicano, ya sea como consumidor forzado de los productos ya como obrero que vende su trabajo a vil precio.

Las Antiguas Ordenanzas de Minería, que en este ramo han sido las más liberales que nos han regido, aunque adoleciendo de algunos defectos, susceptibles de corregirse, consideraban al petróleo bajo la designación de *bitúmenes o jugos de la tierra*, como propiedad de la Corona, la cual concedía a los particulares el derecho de explotación mediante el denuncio, exactamente como para los metales preciosos y comunes, igualmente comprendía a los carbones fósiles: conforme a la Ordenanza de Minería, se hicieron varios denuncios de las chapopoteras conocidas durante la época colonial y después de la Independencia, sin que se tengan datos exactos sino hasta el año de 1858, en que se hizo el denuncio del pozo natural de petróleo que existe en el interior de la Colegiata, por el Cabildo de la Colegiata; este pozo se había estado explotando desde la conquista, como un aceite milagroso para la curación de varias enfermedades y para encender lámparas a la Guadalupana. Hasta el año 1865, la Secretaría de Fomento se preocupó por llenar un hueco de las ordenanzas que no fijaba las dimensiones de las pertenencias o fundos mineros de los terrenos petrolíferos, expidiendo con fecha 6 de julio un decreto, en donde en su artículo 10º señala para la pertenencia sobre carbón, betún, petróleo y pozos salados, una área cuadrada de un kilómetro por lado; según este decreto, se dió posesión a los denuncios que se encontraban vigentes y a los posteriores que se fueron haciendo, que casi comprendían todas las chapopoteras conocidas actualmente y algunas que probablemente han desaparecido.

Mucho del chapopote duro que se encuentra en esas regiones rellenando las grietas de la roca o impregnando a las arenas o tierras superficiales, fué confundido con el carbón de piedra y dió origen al error en el denuncio de muchas minas de carbón, que en realidad sólo eran las indicaciones superficiales de los yacimientos petrolíferos del subsuelo. Según la memoria de Fomento del año de 1869, eran conocidas todas las regiones petrolíferas mexicanas, aunque atribuyéndoles a varias de ellas un carácter simplemente carbonífero. Existen una multitud de informes sobre estos terrenos considerándolos como carboníferos, escritos por

ingenieros mexicanos, informes que son actualmente muy difíciles de conseguir; pues sólo figuraban en los archivos de compañías que hace mucho tiempo han dejado de existir, en muchos de ellos se discutía la probabilidad de obtener petróleo de los terrenos a que se refieren. Existe un informe sobre las chapopoteras del Istmo de Tehuantepec, publicado en Washington en el año de 1872, escrito en inglés por John C. Spera, en el que menciona las que se encuentran sobre la margen derecha del río de Coachapa y las que se encuentran en la ribera de la izquierda al Oeste del rancho de San Cristóbal, en donde existen unas colinas de quince metros de elevación sobre la superficie del terreno, formadas por calizas metamórficas bastante agrietadas, escurriendo el chapopote fluido por algunas de las grietas, mientras que las otras grietas se encuentran rellenadas por chapopote duro: según este autor, el chapopote que se obtiene de la margen derecha, contiene 50% de aceites pesados o lubricantes, no conteniendo ni bencina ni gasolina, ni tampoco aceite para alumbrado; mientras que los chapopotes de la margen izquierda, están constituidos casi en su totalidad por asfalto.

Por la relación anterior, es indudable que el chapopote duro y semiduro fué el primero que se explotó, recogiéndolo ya sea de las grietas de las rocas, de los depósitos superficiales de las chapopoteras o del que flotaba en las orillas del mar, de los lagos, de los esteros y de los ríos, siendo consumido casi en su totalidad por las poblaciones de la costa para calafatear las embarcaciones, en la fabricación, de barnices, como chicle y para reemplazar a la brea en multitud de aplicaciones y también para el alumbrado; empleándolo como substancia hidrófuga en las construcciones, para evitar que la piedra se ensalitrara y las paredes se humedecieran; igualmente se ha empleado para preparar la madera sometida a la acción de la humedad; se ha usado desde tiempo inmemorial como substancia medicinal para preparar una multitud de emplastos que usan los brujos y los albéitares, etc., etc.

Sin contar una multitud de tentativas fracasadas para aumentar la producción de las chapopoteras conocidas en los diversos lugares de la República, en donde por las indicaciones superficiales, no había duda de la existencia en el subsuelo de los aceites naturales de base asfáltica, que no dieron ningún resultado práctico comercial, por la falta de capital, de caminos, y la ignorancia de los directores intelectuales de esas empresas; debemos mencionar una de las primeras perforaciones que se emprendieron en la Villa de Guadalupe, detrás de la Colegiata, bajo la dirección del Ing. D. Antonio del Castillo, allá por los años de 1860 a 1862, en la que habiendo llegado a la profundidad de unos 70 metros, se tropezó con una roca muy dura que no pudo perforarse con el imperfecto aparato con que se contaba; después de varias tentativas infructuosas, se resolvió abandonar la empresa, habiéndose obtenido agua y una cantidad bastante apreciable

de un petróleo muy puro, el cual se calificó de nafta, existiendo en el Museo Mineralógico de la Escuela de Ingenieros un frasco que contiene dicho aceite.

La primera mina en la que se emprendieron algunos trabajos para la explotación de lo que entonces se consideraba como carbón, fueron hechos en el año de 1875 sobre el fundo llamado de "El Cristo," como a ocho kilómetros al Sur del pueblo de Tempoal, cantón de Tantoyuca, Estado de Veracruz, habiéndose hecho en octubre del mismo año, una remesa al puerto de Nueva York, de unas doscientas toneladas, habiéndosele clasificado con el nombre de "Rich Gas Mexican Coal," resultando después de varios años de estudio, que este carbón rico no era sino Grahamita. El resultado del análisis dió 62.14% de materias volátiles y 37.86 de coke, de la parte volátil, el 61.32% era gas de alumbrado y 36% de vapor de agua; el coke contiene 83% de carbón puro, 0.96% de azufre y 16.4 de cenizas. Esta mina fué trabajada por una compañía formada por los señores Zenteno, habiéndose abandonado después de muy poco tiempo de comenzados los trabajos, por el hundimiento de los labrados que se encontraban debajo del cauce del río del Capadero.

En el año de 1882, se organizó en Puebla una compañía minera denominada "Compañía Explotadora del Golfo de México," cuyo objeto principal era la explotación de los yacimientos de carbón y petróleo situados en el Estado de Veracruz, habiendo hecho los denuncios siguientes: "La Casualidad," en el cantón de Jalapa, municipalidad de Chico, en terrenos de la Hacienda del Estero; "El Diluvio," en el cantón de Jalancingo, municipalidad de Aztlán, cerca del nacimiento del Arroyo Caliente; "El Progreso," en el cantón de Misantla, y en el cantón de Papantla dos fundos con los nombres de "Naranjal" y "La Paz:" en todos estos lugares, contra la opinión emitida en 1914 de un geólogo muy conocido en México, existen a la par que el chapopote mantos de lignitas, como en la mayor parte de los yacimientos petrolíferos de la costa del Golfo, no siendo extraño encontrar, como lo han demostrado recientemente los trabajos de varios geólogos americanos en los yacimientos de Texas, que debajo de un manto de lignitas se encuentren creaderos de petróleo; por consecuencia, nada hay de anormal que al lado o debajo de la Grahamita se pueda encontrar lignita o carbón mineral.

En el mismo año de 1882 principiaron los trabajos en busca del petróleo, por el señor Sarlat en el Estado de Tabasco, en los ya conocidos terrenos de San Fernando, en el partido de Macuspana, y en Estancia Vieja, cerca de San Juan Bautista; siendo conocida la existencia de este petróleo desde la más remota antigüedad; los indios lo usaban para el alumbrado, habiendo sido denunciados estos criaderos desde el año de 1865, como puede verse consultando la Memoria de Fomento publicada en 1866. Este petróleo crudo contiene hasta 50% de aceites de alumbrado, siendo uno de los mejores que se conocen como producidos dentro del territorio de la República: la explotación se hizo en pequeña escala

y los resultados comerciales no fueron lo suficientemente remunerativos para continuar la explotación, a pesar de haberse obtenido el petróleo en regular cantidad de los diversos pozos, que eran de pequeño diámetro y poco profundos.

Las exploraciones que se hicieron por varias comisiones nombradas por el Ministerio de Fomento, desde el año de 1881 y siguientes, para investigar la existencia de los criaderos de carbón o lignitas que se pudieran explotar para sustituir a la leña, principalmente en el tráfico de los ferrocarriles, pusieron de manifiesto que en muchos de los lugares en que se señalaba la existencia del carbón, también existían yacimientos petrolíferos, especialmente en los Estados de Veracruz, Tamaulipas, Puebla, Hidálgo y en algunos otros en que hasta hoy no se tiene plena seguridad, como en los de Michoacán, Colima, Chihuahua y algunos otros de los que se tienen datos sumamente vagos. Como la misión de estas comisiones era señalar únicamente los yacimientos carboníferos, y no contaban con los elementos necesarios para emprender la busca del petróleo, y como por otra parte, el petróleo que se empleaba en la industria en esa época era el de base de parafina, despreciando sistemáticamente el de base de asfalto, especialmente los petróleos pesados como los que se obtienen en las regiones de Ozuluama y Túxpam, los resultados prácticos de estas comisiones, por aquel entonces fue realmente muy poco halagadores, habiéndose señalado como regiones carboníferas aún aquellas en que predominan los hidrocarburos sobre el carbón; sin embargo, muchos de estos estudios contienen datos muy interesantes y aprovechables para la resolución del problema geológico del origen del petróleo en los yacimientos petrolíferos mexicanos en la costa del Golfo.

Otras de las causas que retardaron la explotación del petróleo en la República, fue la promulgación y vigencia del llamado Código de minería de la República Mexicana, que se puso en práctica el 1º de enero de 1885, en el que en su artículo 10 dice: "*Son de la exclusiva propiedad del dueño del suelo, quien por lo mismo, sin necesidad de denuncio ni de adjudicación especial, podrá explotar y aprovechar: I. Los criaderos de las diversas variedades de carbón de piedra ..... IV. Las sales que existen en la superficie, las aguas puras y saladas, superficiales o subterráneas; el petróleo y los manantiales gaseosos o de aguas termales o medicinales.*" Encontrándose disposiciones semejantes en la Ley minera de junio de 1892 y en la de 1909 que vino substituyendo a las dos anteriores, que en su artículo 2º dice: "*Son de la propiedad exclusiva del dueño del suelo: I. Los criaderos o depósitos de combustibles minerales bajo todas sus formas y variedades. II. Los criaderos o depósitos de materias bituminosas.*"

Esta modificación a las antiguas Ordenanzas de Minería, que sólo se hizo para favorecer al entonces Presidente de la República, don Manuel González, que poseía grandes propiedades en el Estado de Tamaulipas, en donde se sabía que existían grandes yacimientos de petróleo y de carbón, imitando disposicio-

nes de la Ley Minera de los Estados Unidos y en contra de los intereses generales de la Nación y del pueblo mexicano, dando la iniciativa de la explotación de estas materias primas de la mayor importancia para la prosperidad de las naciones, a los terratenientes agricultores, que tenían y tienen por lo general, una repugnancia bien marcada para emprender trabajos para la explotación del subsuelo; puso un obstáculo serio al desenvolvimiento natural de nuestras riquezas, este obstáculo no fue de grande importancia en 1885, pues como aún no se contaba con el desarrollo de los ferrocarriles, el consumo de los combustibles podía sostenerse con la tala de los bosques, pero desde el momento en que principiaron a multiplicarse y desarrollar el tráfico, se hizo necesario buscar el combustible que se sabía existía en el subsuelo de la cuenca carbonífera del Norte de la República, en el Estado de Coahuila principalmente, cuya importancia se conocía desde el año de 1886, por los estudios del Ingeniero Kuchler, que ya sospechaba que estos yacimientos eran la continuación de los criaderos carboníferos del Estado de Texas, de la Unión Americana, considerándola como uno de los más importantes del mundo; actualmente el Estado de Coahuila es el más importante productor de carbón en la República; se cuentan en el país con otras localidades carboníferas, como son las del Estado de Puebla, las de Oaxaca, Chihuahua, Guerrero, Michoacán, Hidalgo, Veracruz, etc., etc., que hasta hoy no se han llegado a explotar.

El obstáculo puesto por el Código de Minería en 1884 y las leyes que se derivaron, la de 1892 y 1909, fueron subsanadas gracias al empuje de las empresas extranjeras y a la ignorancia tradicional de nuestros rancheros, que cedieron sin grandes dificultades los derechos a la explotación del subsuelo a las compañías carboníferas por cantidades irrisorias, que aunque los beneficiaron en parte, no lograron todas las ventajas que hubieran podido sacar, si ellos hubieran formado y aportado el capital que las diversas compañías dedicaron a esta explotación de resultados seguros, contribuyendo únicamente a recargar el costo de la materia prima y a constituir monopolios en contra del pueblo en general, manteniendo un alto precio de venta para el carbón de piedra, y ahora para el petróleo, que no tiene más límite que el precio del carbón mineral o del petróleo extranjero que se importa a los diversos mercados del país, como pasa con muchos de los artículos de producción nacional, por lo que es un contrasentido económico el protejer a las industrias del país, de la competencia de los artículos similares extranjeros.

En los principios de la explotación del petróleo, los empresarios comenzaron a comprar los terrenos petrolíferos a vil precio, y después, cuando la fiebre del petróleo que llegó a su más alto grado en los años de 1912 y siguientes, se acudió a los arrendamientos, que se hicieron en su mayor parte bajo la base de papel, en que aparecen cifras muy altas, pero que reducidas a moneda de oro mexi-

cana, resultan las rentas pactadas sumamente bajas: hay muchos casos en que los arrendamientos se hicieron bajo la base de moneda de oro americano a precios no muy elevados; también hay que tener en cuenta que muchos de los terrenos arrendados dentro de las zonas petrolíferas no tienen ningún valor como productores de petróleo, pero en cambio sí hay muchos que tienen un valor sumamente grande, como los de Juan Casiano, Cerro Azul, etc., etc., tomados en arrendamiento por la Huasteca Petroleum Co. y otras compañías.

Los capitales mexicanos en los tiempos actualas, en que se tiene que luchar contra las industrias establecidas inteligentemente y bajo bases científicas en el mundo entero, no han sido capaces de desarrollar ni la explotación del petróleo ni la del carbón, que se encuentran en grandes cantidades en el subsuelo de la República: los métodos racionales modernos de explotación, son casi inútiles para ellos; se atienen siempre a los contratos con el Gobierno, en los que se establece realmente un monopolio, y para el manejo de estos negocios se confían a la dirección de individuos que saben únicamente llevar libros de contabilidad, pagar los jornales mínimos a los empleados y obreros; buscan lo que entre nosotros se llama "honradez," que consiste únicamente en no apropiarse nada material contra la voluntad de su dueño, pero que no conociendo nada sobre los métodos industriales del negocio que manejan, sólo hacen experimentos costosísimos a expensas de los accionistas, experiencias que nunca dan resultados prácticos; lo contrario de las compañías extranjeras, que confían el manejo, por lo general, a personas diestras, conocedoras de los negocios y de los trabajos industriales, no parándose en los gastos que erogan, siempre que los resultados correspondan a los desembolsos: el empresario mexicano siempre escatima hasta el último centavo, y prefiere emplear hotentotes o cafres intelectuales, con la condición de que devenguen sueldos ínfimos, sin tener en cuenta que los resultados financieros o mercantiles son desastrosos y conducen casi siempre a la ruina, viniendo a parar los mejores negocios industriales, a causa de esta torpeza, a manos de los extranjeros, que ponen siempre en juego el capital suficiente y la capacidad intelectual más grande que pueden conseguir.

El negocio de la explotación del petróleo, aun en los yacimientos mexicanos de la costa del Golfo, en donde no se han presentado hasta hoy grandes problemas que resolver, y en donde la explotación es sumamente sencilla, necesita el empleo de fuertes capitales en efectivo, no en papel como sucedió en los años de 1914, 1915 y 1916 en que aparecieron las compañías hispano-mexicanas a la palestra de la explotación del petróleo, en la que han fracasado casi todas, sin que yo pueda señalar una sola que haya escapado al desastre, pocas de ellas contaban con terrenos de valor, la mayoría compraba o arrendaba terrenos grandes y chicos, por sólo el hecho de que se encontraban cerca de alguno o algunos pozos productores o en la dirección de las supuestas fajas petrolíferas, los informes geo-

lógicos se hacían después de haber adquirido el subsuelo o la propiedad plena; los nuevos pozos se localizaban al acaso por pseudo-geólogos que se han improvisado durante la fiebre del petróleo, pero casi nunca por un perito serio: los contratistas eran en muchas ocasiones los que fijaban el lugar para la perforación, y sólo se preocupaban en cobrar los precios estipulados y en que el trabajo ejecutado por su cuenta resultara lo más económico posible; muchas de las compañías hispano-mexicanas o mexicanas sólo contaban en efectivo con la suma suficiente para hacer una sola perforación, en la que fiaban el éxito de la empresa, y aun el caso de lograr en esta única perforación petróleo en abundancia, se han visto obligados a presentarse en quiebra, encontrándose incapacitadas por falta de capital y de vías de comunicación, de poner su petróleo en el mercado, lo que es esencial.

La incapacidad de nuestros capitalistas mexicanos e hispanos para el manejo de las grandes empresas industriales, en los tiempos que corren, se ha hecho manifiesta en el ramo de la minería de la plata, que antaño fue uno de los filones de la riqueza nacional que se encontraba en sus manos, y que hoy ha pasado casi en su totalidad a manos de las compañías norte-americanas, las cuales han introducido al país los métodos de explotación más modernos que se conocen, que son los únicos que permiten competir en la producción con los otros países que explotan los minerales de plata.

Hasta el año de 1894 comenzó a notarse alguna actividad en el ramo de petróleo, habiéndose hecho algunas perforaciones en los terrenos petrolíferos del Golfo, pertenecientes a la República, principalmente en los Estados de Veracruz, San Luis Potosí y Tamaulipas: la Compañía Mexicana de Petróleo emprendió una perforación en 1894, localizada en San Pedro Tanute, Municipalidad de Tantizahuiche, Partido de Valles, Estado de San Luis Potosí, la cual llegó a alcanzar una profundidad de 138 metros, llegándose a obtener petróleo de buena calidad, que subía hasta un metro más abajo de la superficie del terreno; la calidad del petróleo obtenido ilusionó a la compañía, que quiso refinarlo en la ciudad de México, en una refinería que construyó en uno de los suburbios, habiéndose abandonado el negocio poco después, pues el precio a que se obtenía el petróleo refinado era muy alto, y el crudo salía sumamente caro, por los gastos de transporte. Este pozo, como se comprende, no fue lo suficientemente profundo y su potencialidad de producción debió haber sido poco considerable.

En este mismo año de 1894, se hicieron algunas perforaciones poco profundas y se abrieron socavones para encontrar chapopote en varios lugares de los terrenos de San José de las Rusias, en Tamaulipas, cerca de las chapopoteras naturales que se conocían desde tiempo inmemorial, sin obtener grandes resultados; posteriormente en esos mismos terrenos se han hecho perforaciones profundas, de las que se ha obtenido cantidades regulares de petróleo de buena calidad.

En Tamelul, Estado de Veracruz, Cantón de Tantoyuca, se perforó el pozo conocido con el nombre de "La Brea," alcanzando la profundidad de unos 300 metros; trabajo que se hizo empleando una perforadora de diamante, principiando con un diámetro de tubería de 14 centímetros, y es casi seguro que no produjo petróleo, aunque parece que los empresarios afirman que sí brotó en pequeñas cantidades. En la Hacienda de Palma Sola, del Cantón de Papantla, Estado de Veracruz, en los terrenos conocidos anteriormente con el nombre de "Cubas," que desde hacía mucho tiempo habían llamado la atención por la buena calidad del chapopote que se encontraba en la superficie, se hizo una tentativa para su explotación, por medio de socavones y pozos de sección cuadrada abiertos a mano, uno de cuyos pozos llegó a la profundidad de 50 metros, con una sección cuadrada de un metro por lado, habiéndose obtenido alguna cantidad de petróleo viscoso que ni siquiera fué suficiente para pagar los gastos. El análisis y examen de este petróleo dió los resultados siguientes: peso específico 0.950, aceites por destilación de 73 a 76% y de 22 a 24% de asfalto. En la destilación fraccionada, entre 100 y 150° C. 1 a 1.5% de nafta, entre 150 a 250° C., 18 a 25% de aceite iluminante, siendo el residuo de aceites lubricantes, es decir, de 61 a 59.5%.

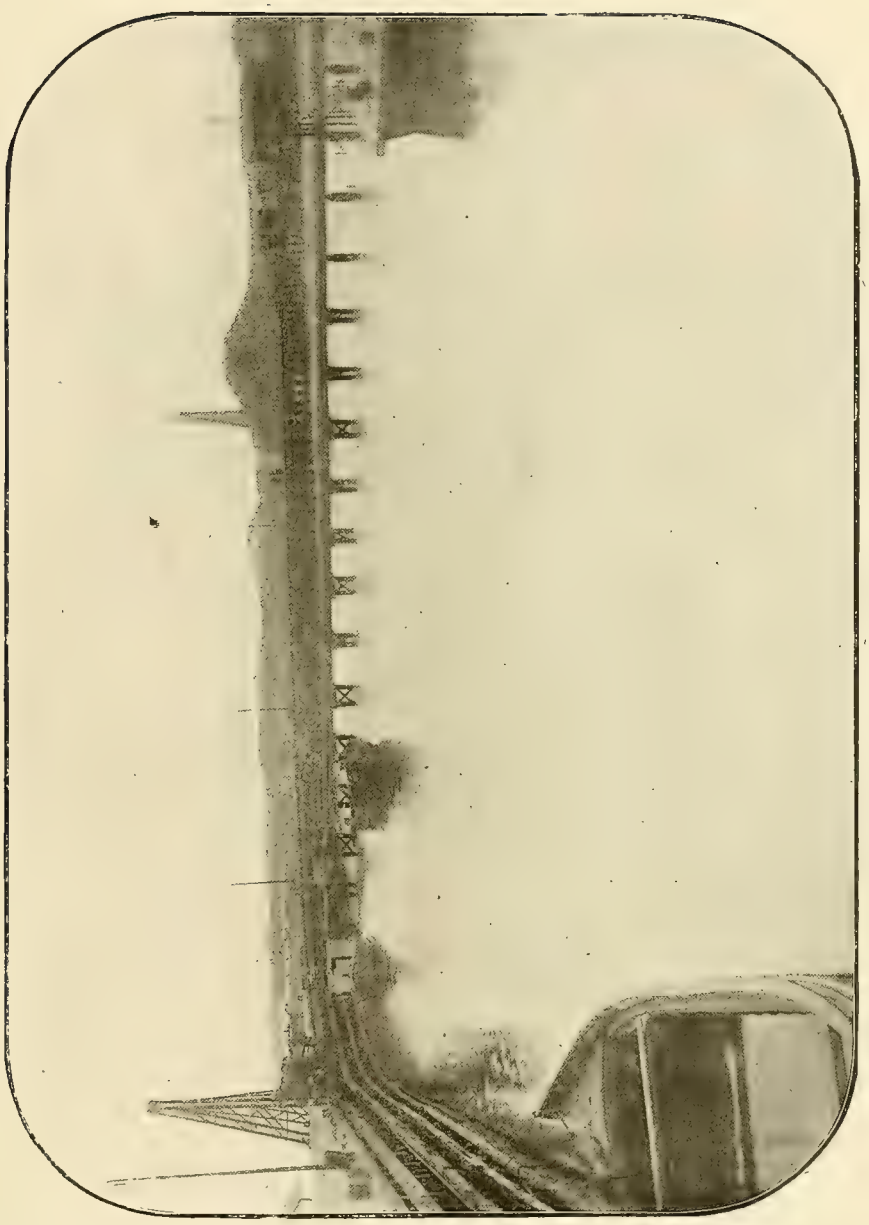
Los yacimientos petrolíferos de los terrenos de Palma Sola, se conocen actualmente con el nombre de Furbero, en honor del señor Furber, que fué uno de los fundadores de la compañía.

Desde el año de 1892, principiaron a pactarse con los dueños de los terrenos los arrendamientos del subsuelo por varias personas que generalmente los traspasaban a las compañías extranjeras, que se encontraban en mejores aptitudes para conseguir capital y desarrollar la industria de la explotación del petróleo; compañías que contaban con geólogos expertos, que hicieron los primeros estudios sobre las formaciones en las que probablemente se encontraba el aceite mineral y sobre la importancia comercial de los yacimientos. Desgraciadamente, muchos de estos estudios han quedado en secreto en los archivos de las compañías; mas, sea de esto lo que fuere, se puede decir, que del resultado de esos estudios data la explotación racional del petróleo mexicano, bajo el auspicio de las compañías extranjeras, norteamericanas e inglesas, entre las cuales son dignas de mencionarse, en primer lugar, "El Aguila" y la "Mexican Petroleum Co."

Para contrarrestar en algo la innovación que el Código de Minería expedido en 1884 introdujo, y que las leyes mineras subsecuentes sancionaron, de que los combustibles minerales que se encuentran en la superficie o en el subsuelo fueran de la propiedad del dueño del suelo, el Congreso de la Unión expidió el 6 de junio un decreto en el que declaró que estaban libres de toda contribución federal, local y municipal, excepto el impuesto del timbre, las minas de carbón en

todas sus variedades, las de petróleo, las de fierro o mercurio, así como los productos de estas "minas," con lo que se esperaba aminorar los malos efectos de la innovación introducida en la Ley Minera; todavía en 3 de mayo del año de 1901, el Ejecutivo de la Unión, queriendo dar todas las facilidades para que se implantara la explotación del petróleo en México, asimilando la explotación del petróleo a una industria nueva en el país, conforme al decreto relativo a industrias nuevas que se establecieren en el país, de 14 de diciembre de 1898, celebró un contrato con el Lic. Pablo Martínez del Río para la explotación del petróleo mexicano, a quien, a cambio de invertir la suma de $200,000 en los dos primeros años, y $50,000 anuales en los restantes, ocho años, le daba franquicias por el término de diez años, de las que han estado disfrutando diversas compañías petroleras extranjeras en México, hasta últimas fechas, en que la Revolución Constitucionalista ha vuelto por los fueros de la Nación, logrando aumentar las entradas del Fisco, con lo que legítimamente le corresponde, como parte de la riqueza explotada del subsuelo nacional. Este contrato fué la base legal sobre la que principió a hacer sus trabajos el famoso petrolereo americano E. L. Doheney, de los Angeles, California, en la explotación de los terrenos petrolíferos mexicanos: este señor organizó la "Mexican Petroleum Co.," cuyos primeros trabajos se iniciaron en el Ebano.

Todavía, para provocar más el desarrollo de la industria del petróleo en la República, se expidió el 24 de diciembre de 1901 la ley para la exploración y explotación de los yacimientos petrolíferos que se encuentran en el subsuelo de los terrenos baldíos nacionales y de las lagunas, playas, etc., de jurisdicción federal, ley que concedía las principales franquicias siguientes: exportación *libre* de todo impuesto, de los productos naturales, refinados o elaborados que procedan de la explotación; importación libre de derechos, por una sola vez, de toda la maquinaria necesaria y sus accesorios, así como de los materiales que se necesiten en la explotación del petróleo del subsuelo y para el establecimiento de las refinerías; exención de todo impuesto federal, excepto el del timbre, por 10 años, para el capital invertido en explotación y todos sus productos, mientras no pasen a ser propiedad de tercero; derecho de comprar los terrenos nacionales necesarios, al precio de tarifa vigente para los terrenos baldíos, o de expropiarlos cuando se trate de terrenos de propiedad particular; derecho para establecer tuberías para el transporte del petróleo por los terrenos de los particulares, de acuerdo con la tramitación señalada en esta misma ley: concede además a los descubridores de los yacimientos petrolíferos, el privilegio alrededor del pozo que haya hecho el descubrimiento, de una zona de protección que aumentará hasta el límite de 3 kilómetros de radio, en la que nadie tendrá derecho a abrir pozos. En



Muelle de la Compañía de "El Aguila," en el Río Pánuco.

cambio, las compañías sólo se obligan a pagar por los permisos de explotación 5 centavos por hectárea y por la patente de explotación el 10% de las utilidades líquidas,—cosa muy difícil de averiguar,—que llegaran a obtener de la explotación. Hay otras condiciones que deberían reunir y cumplir las compañías y que en la práctica han resultado ser letra muerta y por eso no las consigno aquí.

En el año de 1904 se habían perforado en los terrenos del Ebano, por la Mexican Petroleum Co., unos 17 pozos, de los que se obtenía una buena cantidad de petróleo, especialmente los cuatro perforados en las inmediaciones del Cerro de la Pez, siendo el más notable el número 1, que fué brotante, y que desde mayo de 1901 hasta la fecha, no ha dejado de producir petróleo en una cantidad superior a 1,000 barriles diarios. Esta Compañía tuvo que vencer muchas dificultades para lograr que los Ferrocarriles Nacionales consumieran una parte del aceite que producía, habiendo conseguido al fin que varias líneas ferrocarrileras hicieran el consumo de una buena parte de la producción, y el resto lo dedicó a la fabricación de asfalto para pavimentos y aceites lubricantes. En el mismo año, la casa Pearson terminó con éxito un pozo de los campos petrolíferos de Furbero. En el año de 1907 se notó cierta actividad para emprender perforaciones en los terrenos de los Cantones de Ozuluama y de Túxpam, del Estado de Veracruz, habiéndose logrado pozos productivos en San Diego, El Tumbadero y Juan Casiano; en el Estado de Tamaulipas se principiaron las perforaciones de los Esteros.

En 1908 dió principio a sus operaciones la Refinería de Minatitlán de la casa Pearson; la misma empresa terminó en mayo de este año el pozo número 2, de San Diego de la Mar, en el campamento de Dos Bocas, con una producción de 2,500 barriles diarios; el 4 de julio brotó el famoso pozo número 3 de San Diego, conocido generalmente con el nombre de Dos Bocas, el cual se incendió inmediatamente, habiendo durado el incendio cerca de dos meses, en cuyo desastre se perdieron varios millones de barriles de petróleo. El incendio no pudo ser dominado, habiéndose extinguido por la invasión del agua salada, probablemente de la laguna de Tamiahua; en la actualidad, en el gran hundido de la superficie del terreno, se encuentran manantiales termales de agua salada y con siliza soluble y carbonato de cal. Este pozo alcanzó la profundidad de 550 metros, al llegar a la cual, brotó el chapopote con tal fuerza, que lanzó fuera de la perforación una gran parte de la tubería de 10 centímetros de diámetro. Este desastre fué realmente benéfico para el desarrollo de la explotación de petróleo en México, pues llamó considerablemente la atención de los capitalistas extranjeros, que principiaron a adquirir terrenos, ya en propiedad, ya en arrendamiento, sobre bases muy diversas, principiándose a desarrollar en gran escala

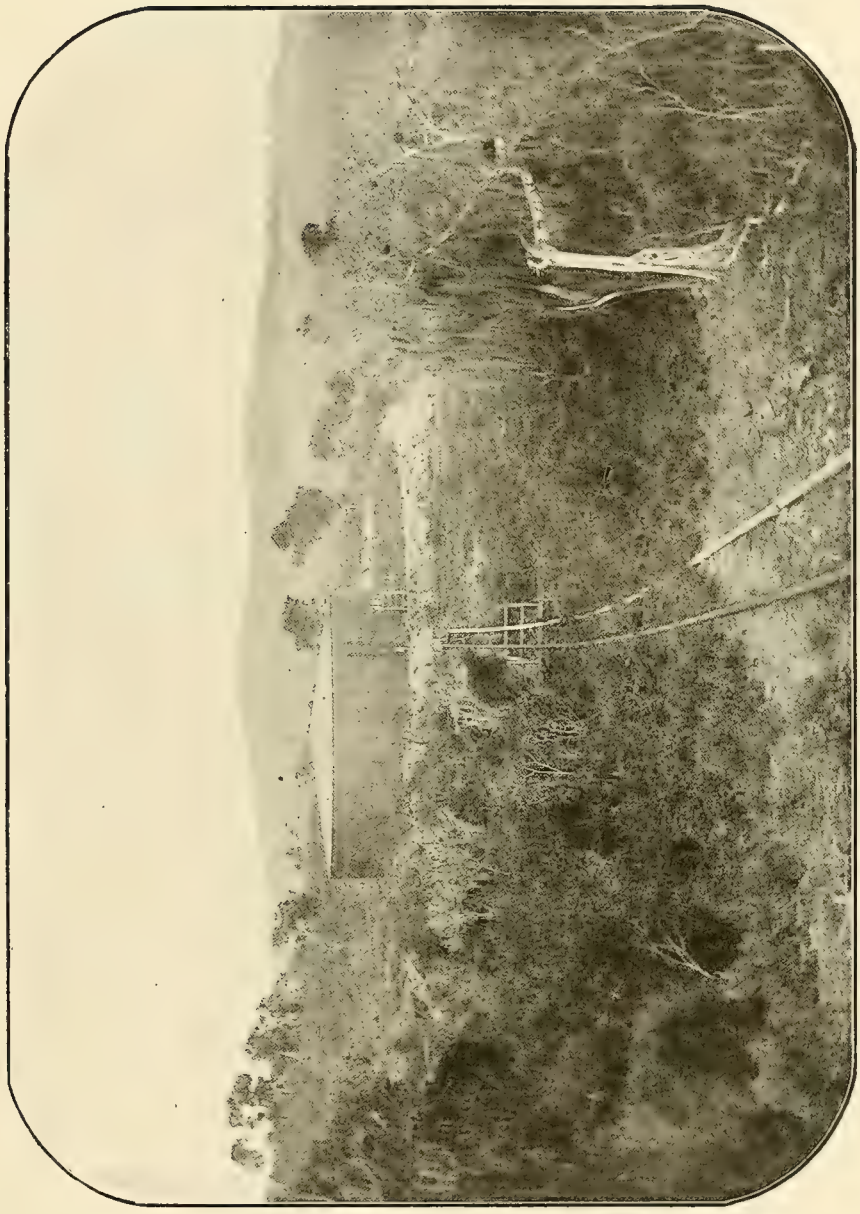
la perforación de varios de los terrenos de los campamentos de Chijol, Pánuco, Topila, Tangüijo, San Pedro, etc., etc., y habiéndose obtenido como pozos notables los 6 y 7 de Juan Casiano, de 14,000 a 28,000 barriles diarios. A fines del año de 1909, brotó el notabilísimo de Potrero del Llano, con producción superior a 100,000 barriles; siguiéndose después los famosos pozos del Alamo, y en Amatlán, los pozos de los Naranjos, que se terminaron de perforar en 1913. En 1914, se logró el gran pozo de la Corona, en Pánuco, con una producción que se calcula en 100,000 barriles diarios.

Todos estos éxitos dieron lugar a la implantación de muchas mejoras, como la construcción de oleoductos, ferrocarriles, muelles, construcción de un gran número de chalanes para el transporte del petróleo en los ríos y de buques-tanques para la exportación por la vía marítima, que detallaremos más adelante.

En 1912 el Gobierno decretó un impuesto de veinte centavos por tonelada métrica de petróleo que se produjera en la República; impuesto que fué aumentado en diciembre de 1914, a setenta y cinco centavos tonelada de petróleo crudo. Además, un derecho de barra a razón de diez centavos por tonelada al petróleo que se exportara por Tampico.

Al finalizar el año de 1914, existían 52 compañías que operaban en varios de los campos petrolíferos de México, cuya producción diaria, en todos los pozos productivos, podía haber alcanzado la enorme suma de 500,000 barriles, mientras que los medios de transporte apenas fueron bastantes para poner en el mercado 70,000 barriles por día, que es la cantidad que debemos reputar como la producción efectiva o real, es decir, menos de la séptima parte de la capacidad potencial de producción. También se organizaron como 200 compañías más para la explotación de los negocios más o menos lícitos a que dió origen la fiebre del petróleo y el pánico producido por la excesiva circulación del papel moneda emitido por los Bancos y el papel moneda de curso forzoso que los Gobiernos emanados de la revolución lanzaron a la circulación. Todas estas compañías con base de papel moneda, que se aventuraron en la especulación de acciones petroleras, apenas si hicieron algo serio para la explotación de esta riqueza del subsuelo; la mayoría de ellas, formadas por españoles y mexicanos, han desaparecido, habiéndose fusionado entre sí, las más formales, con compañías americanas o inglesas que son las que dominan en México la producción y el transporte del petróleo, contando con los elementos financieros, comerciales y técnicos que son necesarios para la explotación de este importante ramo de riqueza.

A principio del año de 1915, se contaban en los terrenos petrolíferos del Golfo que forman parte de la República Mexicana, 53 pozos brotantes en produc-



Tanque de almacenamiento de petróleo crudo de la "Santa Fe Oil Co.," en Topila.

ción, sin que ninguno de ellos llegara a contribuir con el máximo, 111 cerrados, 40 pozos abandonados y 105 perforándose o simplemente localizados.

En esta misma época existían 7 refinerías, pertenecientes a las diversas compañías productoras de aceite mexicano, con una capacidad máxima total de 66,000 barriles diarios, ubicadas en Tampico, Ebano, Minatitlán y Veracruz; varias de las cuales, a pesar de no estar trabajando a toda su capacidad, por razones fáciles de comprender, debidas principalmente al estado de transición político y financiero porque atraviesa el país, como consecuencia de la revolución y a los trastornos sufridos por todos los mercados del mundo por el desarrollo de la guerra europea, que ha conmovido las bases comerciales e industriales de la producción de los artículos de consumo en el mundo entero.

Respecto a la producción mundial del petróleo, se ha notado que los principales países productores, con excepción de México, mantienen su producción a duras penas, viéndose obligados a emprender la explotación de regiones nuevas por el agotamiento de los terrenos mejor situados que antes explotaban, lo que aumenta naturalmente los costos de producción; teniéndose que agregar que el consumo del petróleo y sus derivados aumenta cada día más, no habiéndose encontrado hasta hoy un substituto que lo reemplace. Estos dos factores, aumento en la demanda y producción inferior a la demanda, vienen a producir, naturalmente, alza en los precios del petróleo y de todos sus productos, refinados y derivados. Las dos causas apuntadas son permanentes, y como las aplicaciones del petróleo tienen que aumentar cuando la paz del mundo se restablezca, y al período de destrucción inaugurado por la guerra se substituya el período de la paz, en el que se han de reparar todos los males causados, y se añadirán nuevos elementos de bienestar para la humanidad en general, que reclaman un consumo enorme de fuerza, que tendrá que obtenerse por medio de los combustibles fósiles, sólidos, líquidos y gaseosos, resultará que los precios del petróleo tendrán por fuerza que mantenerse altos durante mucho tiempo, hasta que un nuevo descubrimiento sobre el empleo directo de las fuerzas de la naturaleza, que hoy apenas se sospechan por el hombre, aplicado a todas sus necesidades, pueda realizarse práctica o industrialmente y venga a cambiar las condiciones industriales y económicas de la vida.

El alto precio alcanzado en estos últimos tiempos, no es tan lisonjero como a primera vista aparece, pues el valor relativo de la moneda ha venido sufriendo una baja extraordinaria, como consecuencia del encarecimiento general de los artículos de primera necesidad en todos los centros de consumo, que ha dado por resultado el aumento en el costo de la vida y el alza aparente de los jornales y de las contribuciones.

Cuando se restablezca la paz, los precios de los artículos de primera necesidad tendrán que ir declinando paulatinamente; la vida de los hombres se hará mucho más fácil y los artículos de lujo tenderán a introducirse lentamente hasta los hogares más humildes, pues los salarios se mantendrán al nivel más alto a que puedan llegar en la crisis actual, teniendo que verificarse automáticamente el abaratamiento de todos los artículos de comercio, debido principalmente al empleo de la maquinaria perfeccionada y a una organización más inteligente del trabajo humano, que hasta hoy ha sido el factor menos favorecido en la distribución de la producción entre los tres elementos de ella: Tierra, Capital y Trabajo.

A fines de 1915 hasta mediados de 1916, hubo una actividad realmente fiduciaria para la explotación de los terrenos petrolíferos mexicanos, en la ciudad de México y en casi todos los centros mercantiles de la Nación, habiendo surgido como por encanto unas cuatrocientas y tantas compañías petroleras, que se lanzaron a adquirir terrenos o derechos al subsuelo dentro de lo que se conoce como regiones petrolíferas de México, sin hacer antes un estudio previo del terreno, respecto a su riqueza petrolífera y a su situación topográfica y a las vías de comunicación, sin averiguar cuáles serían los mercados probables, cuál el capital mínimo necesario para la explotación en cada uno de los casos particulares de los terrenos que se trataba de explotar y cuáles los procedimientos técnicos de explotación; su único afán era que el primer pozo que se perforara por su cuenta diera petróleo fuera un "gusher" de diez mil barriles para arriba. Algunas de estas compañías, muy pocas, lograron que su primera y única perforación fuera un "gusher," no de 10,000 barriles, sino de 40,000 barriles; pero sufrieron un gran desengaño, pues sus acciones, en lugar de subir, a medida que pasaba el tiempo, sin que se pudiera decir que la capacidad productora de su pozo hubiera disminuído, bajaban de valor en el mercado, cotizándose las acciones a precios mucho más bajos que los de emisión.

Estas tentativas para formar compañías con capital mexicano para la explotación del petróleo nacional, en una época en que el capital existente en México había desaparecido, lo mismo que la moneda metálica, la que había sido substituída por el papel de curso forzoso, tenía que dar el resultado desastroso que hemos presenciado, aun dirigidas por un personal apto y de una honradez escrupulosa; sin embargo, se obtuvo una buena experiencia sobre la organización defectuosa de nuestras sociedades anónimas, cuyos defectos se encuentran sancionados por el Código de Comercio vigente, cuyas víctimas son los pequeños subscriptores de acciones; igualmente, se logró la exploración en terrenos bastante alejados de las vías de comunicación y de las costas, llegándose al convencimiento de que la zona petrolífera de México es sumamente extensa y de una riqueza ex-

Embarcadero de petróleo de la "Penn. Mex. Fuel Co.," en la Barra de Túxpam.

traordinaria. En cuanto a la parte geológica, no puede tenerse fe en los datos ministrados por los perforadores, pues por su carencia casi completa de conocimientos técnicos, sólo apuntan en sus registros, "pizarras," que en la acepción técnica de la palabra no existen en la región; "calizas" duras o blandas, que en su mayoría son "margas," unas veces calizas, otras arcillosas, y otras cargadas de arena, que los más adelantados e instruídos distinguen con el nombre de areniscas, "arenas," y el "gumbo," o sea un lodo difícil de determinar en su composición petrológica sin auxilio del microscopio, indicaciones de gas, de petróleo y de agua salada. Lo importante para ellos, y en lo que se fijan especialmente, es en la dureza de los estratos atravesados y en la dificultad que experimentan para perforarlos. Las tuberías no las colocan sino hasta que ya no les es posible seguir perforando, por consecuencia, las muestras que sacan al estado de lodos, son una mezcla de los detritus de la perforación. La dirección verdaderamente técnica, sólo se encuentra en las grandes compañías extranjeras que tienen a su servicio ingenieros y geólogos; pero estas compañías se han reservado los datos que han podido obtener, aunque, afortunadamente, algunos ingenieros y geólogos extranjeros han publicado algunos de los datos que les han servido de base para escribir sus estudios, como son Huntley, De Golyer, Dumble, Garfias, etc., etc.; en cambio, algunos han sido extraviados en su criterio, con los datos que les han suministrado los altos empleados de las compañías, como le pasó a Sir Boberton Redwood en una gran parte de lo que publica referente a los criaderos petrolíferos de México en su monumental obra titulada "Petroleum."

Los autores que acabo de citar, han tratado el asunto apoyando sus elucubraciones en los datos científicos que han podido obtener sobre el terreno mismo, y no en divagaciones escolásticas, en las que domina la forma lógica, aunque los fundamentos reales sean hipotéticos, como pasa en la mayoría de muchos de los trabajos que se citan referentes al petróleo de México, en la lista bibliográfica que va al fin de este trabajo.

A fines del mes de febrero del año de 1916, brotó el famosísimo pozo núm. 4 de Cerro Azul, propiedad de la Huasteca Petroleum Co., con una capacidad de producción de 250,000 barriles diarios, siendo igual a la total de todos los pozos de California, o equivalente al 25% de la producción diaria de aceite del mundo, a principios del año de 1916, no teniendo en cuenta, naturalmente, la producción de este "gusher" portentoso, del que no ha habido otro ejemplo en el mundo hasta hoy.

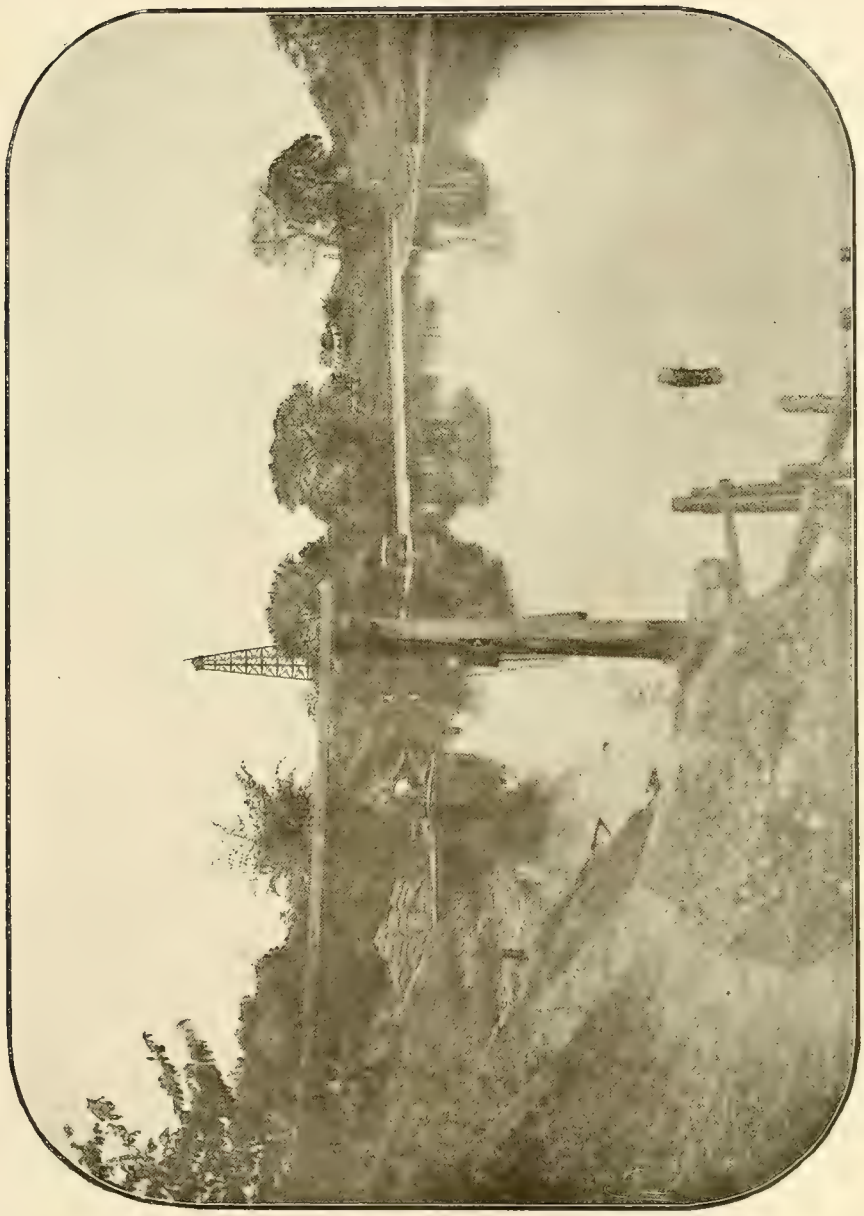
*
* *

Durante el período preconstitucional en México, la legislación sobre petróleo tendió a reivindicar los derechos de la nación, conculcados por anteriores gobiernos; pero tanto el Gobierno Federal como el de cada uno de los Estados en donde se explota el petróleo, solieron dictar leyes que algunas veces se encontraban en pugna, hasta que el Primer Jefe del Ejército Constitucionalista, por decreto de 23 de marzo de 1915, fundó, dependiendo de la Secretaría de Fomento, la Comisión Técnica del Petróleo, para investigar todo lo concerniente a este importantísimo ramo de la riqueza nacional, establecer sus relaciones con el Gobierno, y proponer las leyes y reglamentos, indispensables para el desarrollo de la industria petrolera.

La primera medida administrativa tomada por la Comisión, fué hacer obligatorio el registro de todas las compañías o razones sociales que se dediquen a la explotación del petróleo, en la oficina de referencia, suministrando todos los datos necesarios para formarse idea clara de su organización, de los terrenos con que cuenta cada una de ellas y el monto del capital subscripto y el que se trata de invertir en el negocio. Otro de los grandes pasos para encarrilar legalmente a esta importante industria, es la revisión que se ha hecho y se continúa haciendo por esta misma oficina, de todos los contratos sobre petróleo celebrados con las administraciones pasadas, los cuales adolecían desde un principio de grandes defectos, desde el punto de vista legal, pues se habían pasado por alto muchas de las disposiciones de la Constitución de 1857, siendo esta una de las principales causas para declarar su nulidad; además, como muchas de las compañías no cumplieron, sino en parte, con las obligaciones que les imponían sus contratos con el Gobierno, fueron declaradas caducas o se encuentran en el caso de que se declare la caducidad, por falta de cumplimiento a sus respectivas obligaciones.

Conforme a la circular núm. 13 de la Dirección de Minas y Petróleo, Departamento del Petróleo, de fecha 15 de mayo de 1916, se estableció, bajo pena de suspensión de los trabajos autorizados, etc., etc., una cuota de $300.00 oro nacional cada bimestre, como contribución para los gastos de inspección a cada una de las compañías o de los particulares que se hubieren registrado o en lo sucesivo se registraren, quedando excluídas del pago de esta cuota, las compañías que tienen estipulada, en virtud de contratos anteriores, la cantidad con que deban contribuir para los gastos de inspección.

Esta medida provocó comentarios numerosos; y estando en prensa este libro, ha sido derogada, probablemente, por causas accidentales; siendo bien claro que esa cuota uniforme de inspección podría haberse substituído por otra que fuera



Una vista del campo petrolífero del Estero de Topila, Cantón de Ozuluama, Estado de Veracruz.

proporcional a la categoría de la compañía, al capital con que cuenta y a los productos que obtiene de la explotación del subsuelo.

En 31 de agosto de 1916 se publicó y puso en vigor el decreto que prohibe terminantemente a los Gobiernos de los Estados expedir leyes o decretos, dictar disposiciones o medidas administrativas sobre comercio, minería, instituciones bancarias, bosques y terrenos baldíos y nacionales, ejidos, aguas de jurisdicción federal, pesca en aguas territoriales, organización del trabajo en las diversas industrias, y sobre exploración, explotación y comercio de minerales, yacimientos de carbón de piedra, petróleo y los demás carburos e hidrocarburos líquidos o gaseosos que se encuentren en el subsuelo del territorio nacional; extendiéndose esta prohibición a todos los ramos que son de la exclusiva jurisdicción y competencia del Poder Federal.

El artículo 11 del mismo decreto, previene que son nulas y de ningún valor todas las leyes, decretos y disposiciones que hayan dictado o en lo sucesivo dicten los Gobiernos de los Estados sobre los ramos de jurisdicción federal.

Existen varias circulares, aclaraciones y rectificaciones expedidas por Departamentos de las Secretarías de Hacienda y de Fomento, que imponen ciertas trabas a la libre explotación del petróleo del subsuelo en el territorio nacional; siendo muy probable que la nueva ley del petróleo, en la que se va a declarar que los yacimientos de combustibles fósiles, sólidos, líquidos o gaseosos que se encuentren o prevengan del subsuelo son de la propiedad de la Nación, conforme a los preceptos contenidos en el artículo 27 de la Constitución de 1917, como lo fueron antaño de la Corona o del Real Patrimonio, pondrá orden, claridad y facilidad, no sólo para entender todas las disposiciones vigentes, sino para que la explotación del petróleo se haga con la misma libertad con la que se acostumbra explotar en nuestro país los criaderos de los minerales metálicos.

La ley de impuestos sobre el petróleo expedida con fecha 13 de abril de 1917, previene en su artículo primero, que todo el petróleo crudo de producción nacional, así como el petróleo combustible que no se destine al consumo en el país, pague el impuesto conforme a la tarifa siguiente:

El petróleo combustible pagará el 10% por tonelada neta sobre su valor; este valor se considerará para el petróleo combustible, cuya densidad sea de 0.91 de $9.50, disminuyendo el valor de la tonelada, veinte centavos por cada aumento de un centésimo de densidad, quedando incluída en esta variación el petróleo cuya densidad sea de 0.97.

El valor del petróleo combustible cuya densidad sea menor de 0.91, aumentará por cada centésimo que disminuya de densidad la cantidad de cuarenta centavos.

Se asigna el precio de $7.50 por tonelada, a todo petróleo cuya densidad sea mayor de 9.97.

El petróleo crudo pagará el diez por ciento por tonelada neta sobre su valor; dicho valor se considerará de $14.00 para aquellos petróleos cuya densidad sea de 0.91, disminuyendo en igual forma que el petróleo combustible hasta una densidad de 0.97.

Queda sujeto a la tarifa anterior, el petróleo combustible que se destine para el uso de los remolcadores y vapores-tanques empleados en el servicio de exportación.

Los productos derivados de la refinación del petróleo crudo y del aprovechamiento del gas de los pozos, que no se destinen al consumo del país, causarán un impuesto conforme a la tarifa siguiente:

Gasolina cruda, un centavo por litro.

Kerosena cruda, medio centavo por litro.

Kerosena refinada, un cuarto de centavo por litro.

Lubricantes, un cuarto de centavo por litro.

Asfalto, $1.50 por tonelada.

Gas, cinco por ciento *ad valorem.*

El petróleo crudo y sus derivados, cuando sean desperdiciados en cualquiera cantidad, ya sea por descuido o por falta de cumplimiento a las disposiciones legales, pagarán una cuota doble de la correspondiente a los productos similares que se exportan.

Los productos derivados del gas natural de los pozos, cuando se desperdicien por las mismas causas anteriores, pagarán un 10 por ciento de su valor comercial.

Quedan exceptuados de este impuesto, menos del de timbre que les corresponde sobre ventas, según la ley de 21 de junio de 1906, todo el petróleo crudo que se consuma en el interior del país y en el tráfico de cabotaje; todos los productos derivados del petróleo crudo de producción nacional, cualquiera que sea su denominación o estado físico, que se vendan o aprovechan en cualquiera forma dentro del país, siempre que hayan sido elaborados en las refinerías nacionales o en los campos o terminales de las compañías, cualquiera que sea el procedimiento empleado.

Para poder establecer el impuesto que corresponde a cada uno de los productos derivados del petróleo, la Secretaría de Hacienda, fijará bimestralmente los precios de los citados artículos, tomando el promedio de los valores alcanzados en las ventas del mes anterior; sirviendo de base las manifestaciones o facturas que presenten las compañías, sobre ventas de los mismos artículos en el interior del país.

Una calle de la ciudad de Tampico, en donde aparece el edificio de la Compañía de Petróleo "El Aguila."

En el caso de que no se efectúen ventas en el interior del país, se tomará el promedio del valor que hubieren alcanzado estos productos en Nueva York, o en otros puertos de los Estados Unidos, durante el mes anterior, descontando el valor del transporte de los puertos mexicanos a los puertos extranjeros. A falta de datos fehacientes para hacer el cálculo anterior, se les asignará un precio igual al que tengan en los Estados Unidos los artículos similares.

Como se ve, esta ley tiende: a que se establezcan las refinerías y las industrias que aprovechan como materia prima todos los hidrocarburos combustibles fósiles, que tanta importancia tienen para el desarrollo de las diversas manufacturas de una nación: a que el Gobierno Federal perciba un impuesto a que tiene derecho, según todas las legislaciones de los países civilizados, equitativo y proporcional al valor más alto que puede obtener el petróleo y sus derivados en los mercados mundiales: a fomentar el empleo de capitales tanto nacionales como extranjeros para el desarrollo de toda clase de industrias en las que se consumen los combustibles hidrocarburados: a crear centros importantes de trabajo para nuestro pueblo, y, por último: a impedir el desperdicio de nuestros recursos naturales, lo que es de mucha importancia para el porvenir de nuestra patria.

Llama la atención que no se hable una sola palabra, aunque se sobrentienda, de la Parafina, de la Grahamita, de la Ozoquerita y otras substancias que existen en grandes cantidades en nuestro territorio y que hasta hoy no se han explotado, siendo muy conveniente dar a los explotadores o empresarios un estímulo para que se dediquen a la localización y explotación de los petróleos de base de parafina, cuyos yacimientos se encuentran principalmente en el interior del país.

Para terminar, daremos el dato de que de las 328 compañías petroleras que llegaron a figurar en el registro del Departamento del Petróleo, hoy apenas se encuentran reconocidas oficialmente 143, de las cuales se puede afirmar que sólo 40 tienen el capital necesario y buena dirección técnica.

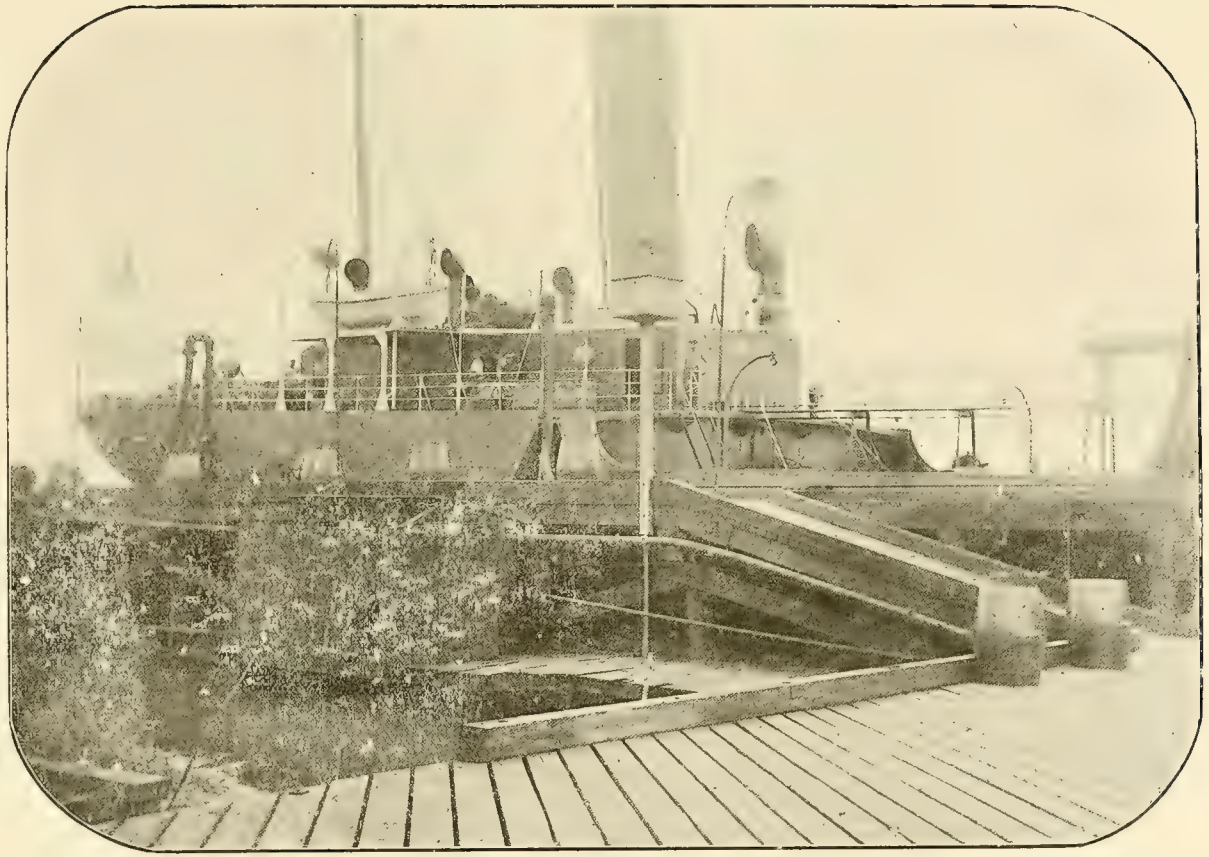
CAPITULO II

Porvenir de la industria petrolera mexicana y su influencia en el desarrollo industrial de la República

El incremento tan grande de la producción del petróleo de los campos petrolíferos mexicanos, a partir del año de 1910, y en particular la explotación ubicada en los cantones veracruzanos de Ozuluama y Túxpam, en donde no es raro encontrar "gushers," con una capacidad de producción, cada uno de ellos, de más de 100,000 barriles diarios, con señales de perdurar por un período de años grande, a diferencia de lo que pasa en otros lugares del mundo, en donde

la vida de un pozo es apenas de tres a ocho años, experimentando en su producción diaria una diminución sumamente marcada, teniéndose como axioma que la vida de un pozo está en razón inversa de su producción inicial, ha venido a demostrar que los medios actuales de transporte con los que se cuenta actualmente en México, tanto en las vías terrestres como en las marítimas y fluviales, son inadecuados al incremento que va tomando la demanda y la producción, teniéndose que mantener, a la mayoría de los pozos cuya producción es de 5,000 barriles diarios, bajo válvula, no obstante que la demanda en el extranjero es constantemente creciente. A pesar de todos los obstáculos, se ha logrado poner en los mercados del mundo en 1916, incluyendo a los mercados mexicanos, 40.550,469 barriles de petróleo, resultado notable, teniendo en cuenta que en 1900, es decir, hace apenas 16 años, la producción de petróleo mexicano era tan sólo de 18,000 barriles anuales, lo que implica naturalmente, la inversión de grandes capitales que representan la respetable suma de $300.000,000; que tiene que seguir en aumento, aunque no tan rápido como el que apuntamos, hasta que se logre colocar toda la producción de los pozos actuales, que se estima en más de 200.000,000 de barriles anuales, lo que significa apertura y construcción de nuevas vías de comunicación, construcción de grandes oleoductos, establecimiento de nuevos puertos y mejoramiento y ensanchamiento de los existentes, creación de nuevas flotas de buques-tanques, implantación en la República de industrias que se relacionen directamente con la explotación del petróleo y otras muchas que puedan vivir al amparo del consumo nacional, establecidas actualmente en el extranjero, y que dadas las grandes facilidades que presenta nuestro país como productor de materias primas y combustibles hidrocarburados en cantidades ilimitadas, añadiéndose, además, la ventaja de jornales bajos, inmigrarán a México, siempre que se cuente dentro del país con la seguridad y respeto debido a las empresas industriales, sin exigir, como ha pasado hasta ahora, un proteccionismo desmedido por parte del Gobierno, que sacrifica los intereses de la nación y del pueblo mexicano, el cual siempre ha sido inmolado en provecho de los extranjeros y de una casta privilegiada que se renueva con cada una de nuestras convulsiones políticas.

Uno de las fenómenos que más llama la atención, que se verifica actualmente y se observa en todos los artículos de producción nacional, en el interior del país, es el alto precio del petróleo crudo, pues mientras en los diversos mercados de los Estados Unidos el petróleo crudo mexicano se puede vender, después de pagar todos los derechos, fletes y comisiones, a $1.50 moneda mexicana por barril, en la ciudad de México no se puede conseguir a menos de $5.00 y en Monterrey vale el barril $4.70, etc., lo que pone de manifiesto que los fletes en el interior del país son demasiado altos, explicándose así el alto precio de los artículos de primera necesidad en todos nuestros mercados, que aunque produ-



Muelle sobre el Río Pánuco, en Tampico, de la "Huasteca Petroleum Co.," estando atracado un buque-tánque.

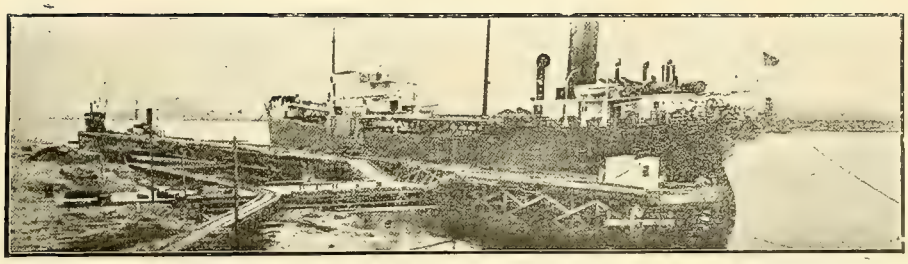
cidos dentro del país, se venden a precios más altos que los que se pagan en los mercados extranjeros por los artículos idénticos de producción mexicana; gravísimo mal que debe hacerse desaparecer, hoy que contamos con una producción tan grande de combustible líquido, que es el más apropiado para emplearse en los ferrocarriles, obligando a las compañías ferrocarrileras a disminuir sus cuotas por fletes y servicio de pasajeros. En el caso de que esto no se pueda, como consecuencia de los contratos vigentes, se debe acudir a la construcción de nuevas vías férreas que vengan a entablar una competencia provechosa, dando un gran impulso a la producción y consumo interior, y al establecimiento de industrias sobre bases más liberales, no únicamente en provecho de las empresas, sino de todos los habitantes de la República; sin que el Gobierno se vea en la dura necesidad de sacrificar parte de sus entradas fiscales ni los intereses del pueblo mexicano. Las vías ferrocarrileras principales con que se cuenta actualmente, se construyeron con la mira principal de la exportación de los productos naturales, por los puertos del Golfo y por la Frontera del Norte, como son: el de México a Veracruz, México a Ciudad Juárez, México a Laredo, Durango a Piedras Negras, San Luis a Tampico, Monterrey a Tampico, Monterrey a Matamoros, México al Balsas y el del Pacífico que pone a Nogales en comunicación con Guadalajara; los ferrocarriles Pan–Americano y el del Istmo de Tehuantepec han sido construídos especialmente para el tráfico internacional, ayudando algo a nuestro tráfico interior, pues nuestras relaciones comerciales con Guatemala y la América del Sur, por la similitud de producciones, falta de organización industrial y organización política, no puede ser de gran importancia, sino hasta que logremos implantar entre nosotros una industria manufacturera que pueda hacer la competencia a los artículos que se importan a esos países, de los Estados Unidos y Europa.

Se puede decir, que en los 18,500 kilómetros de vías ferrocarrileras principales con que se cuenta, el 70% del movimiento está dedicado en su mayor parte para el tráfico de la exportación e importación: apenas el 30% se traduce en movimiento netamente interior. Los ferrocarriles construídos últimamente por los intereses petroleros para el servicio de los diversos campamentos, puede estimarse que tienen una longitud total de 500 kilómetros; los oleoductos, en su mayoría de 20 cm. de diámetro, tienen una longitud aproximada de 700 kilómetros, pudiendo citar entre los más importantes, que se encuentran en las regiones de los cantones de Ozuluama y Túxpam, los siguientes: Juan Casiano–Tampico, Cerro Azul–Juan Casiano, Tres Hermanas–Juan Casiano, Chijol–Ebano, Potrero–Tampico, Potrero–Túxpam, Los Naranjos–San Diego, Ixhuatlán–Nanchital, Tecuanapa–Rivera, Furbero–Túxpam, Alamo–Túxpam, Ponce–Pánuco, Topila–Estación de embarque, Pánuco–Río y otros más, entre los que se deben contar las líneas costeras de Túxpam. Existen en proyecto otras varias líneas de ferrocarril y oleo-

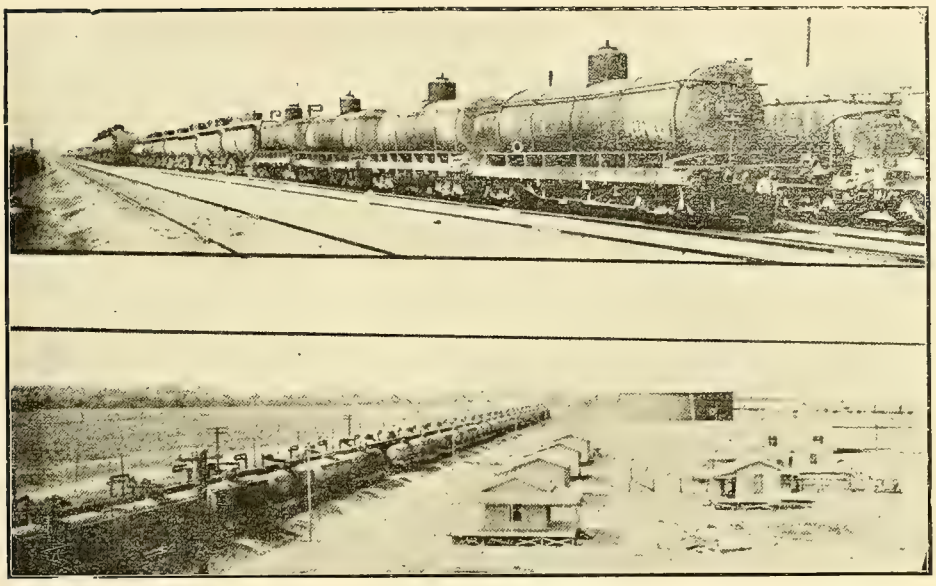
ductos, que se llevarán a cabo cuando las condiciones del país se mejoren, pues estos proyectos necesitan para realizarse la inversión de más de $500.000,000, los cuales, dada la timidez del capital que reputamos como mexicano y a la falta de tacto administrativo y financiero de los empresarios latino-americanos, no es posible que puedan conseguirse dentro del país, aunque los rendimientos de la casi totalidad de las inversiones en estas empresas se encuentre completamente asegurado, así como un alto tipo de interés para el dinero de los accionistas; tampoco podemos esperar que el capital venga de Europa, como tampoco vino a raíz de la revolución tuxtepecana, y menos ahora, en que la mayoría de los países europeos, como consecuencia de la monstruosa guerra actual, han consumido todas sus reservas y se ven forzados a pedir a los Estados Unidos los recursos que les faltan; en cambio, los Estados Unidos se han enriquecido considerablemente, y la República Mexicana es un campo abierto para las inversiones del capital americano, mucho más propicio que en 1880, cuando la ayuda financiera del coloso del Norte pudo con sus inversiones en los ferrocarriles y en las minas de México, consolidar por 35 años el gobierno espurio de Porfirio Díaz. Las condiciones en que se encuentra actualmente el país son muy superiores a las que presentaba en 1876 y en 1880; la población ha aumentado de 11.000,000 a 14.000,000; las vías férreas que apenas sumaban una longitud de 800 kilómetros, han llegado actualmente a 18,500 kilómetros para las vías generales de concesión federal y a 7,200 kilómetros para los ferrocarriles locales de concesión a los Estados. Es cierto que los caminos carreteros han sido descuidados, pero las necesidades del tráfico cuando se haya logrado una baja considerable en las tarifas de fletes ferrocarrileros, hará que los mismos particulares consagren sus esfuerzos en mejorar estas vías de comunicación, que se han hecho de una necesidad imperiosa; con la introducción de los automóviles y de los camiones de tracción, que actualmente son los mejores auxiliares para aumentar el tráfico de los ferrocarriles y el medio más eficaz para obtener el abaratamiento de todos los artículos de comercio, lograremos resolver este problema con mucha facilidad.

Tanto los automóviles como los camiones de tracción, cuando se encuentran funcionando, hacen un gran consumo de productos derivados de la destilación del petróleo crudo, y nosotros pudiéramos, como consecuencia de la gran riqueza petrolífera de los yacimientos mexicanos, encontrarnos en condiciones privilegiadas para hacer un uso amplio, dentro de nuestro territorio, de este nuevo medio de transporte, que resulta mucho más barato y rápido que el antiguo de las diligencias y carros de transporte de tracción animal.

Para el mejoramiento de nuestros caminos, contamos con inmensas cantidades de asfalto de muy buena calidad, que nos pone en aptitud de tener magníficas vías de comunicación que, como ya dije, facilitarán toda clase de transacciones comerciales, creando, además, nuevos centros de producción y de consumo, resti-



Barco-tanque "Russian Prince" cargando petróleo en la Terminal, de Tampico



Carros-tanques para petróleo en la Estación de "Llenaderos," Ferrocarril de San Luis Potosí a Tampico.

Vista panorámica del campo petrolífero de "Juan Casiano."

tuyendo a su auge a varios de los centros antiguos cuya decadencia se nota desde que se establecieron las líneas ferrocarrileras. En 1876 la única industria viable era la explotación de las minas de plata; las minas de oro casi no se explotaban, sino que el oro se consideraba como un producto accesorio del beneficio de los minerales de plata; la agricultura se encontraba aun más atrasada que en los tiempos coloniales, pues el estado crónico de revolución y bandidaje en que nos encontrábamos, desde la guerra de la Independencia, había destruído la mayor parte de las obras de irrigación que se construyeron durante el período virreynal; los cascos de las haciendas se encontraban en ruinas y los pueblos eran especie de campamentos de nómadas, establecidos en medio de ruinas.

La construcción de los ferrocarriles que principió en 1880, modificó sensiblemente este estado de cosas, abriendo al tráfico grandes líneas de comunicación que por un período de más de treinta años se encontraron en magníficas condiciones y a lo largo de las cuales había una seguridad absoluta; esto trajo naturalmente, un cambio bastante grande respecto a la concentración de la población que prefirió establecerse en las cercanías de las líneas de ferrocarril, y se abandonaron muchas de las grandes poblaciones que se habían desarrollado en el trayecto de los primitivos caminos reales o nacionales, que en 1876 se encontraban casi destruídos o en muy malas condiciones; pues todos los recursos de la nación se empleaban en los esfuerzos de los gobernantes por mantenerse en sus puestos y suprimir el bandidaje.

A partir del año de 1890, las condiciones del país se transformaron notablemente, las revoluciones no prosperaron y la mayoría de los habitantes de la República se dedicaron al trabajo, especialmente a la Agricultura que principió a evolucionar lentamente; la Minería adquirió cierto desarrollo, a pesar de que la plata, nuestro renglón más importante de exportación, sufrió una baja gradual en su valor, que de 100 llegó a valer 50 y algo menos, lo que dió por resultado que se empezara a ver la explotación del cobre con cierto cuidado, habiéndose alcanzado una producción considerable de este metal; en el año de 1907 llegó a ser de $33.572,319.85, que es un poco menos que la mitad del valor de la plata en el mismo año, que alcanzó la suma de $67.721,649.23; el oro llegó a. ..... $34.500,223.08; el plomo, a $5.662,021.10; el mercurio, a $1.226,601.00; el estaño y el zinc han tenido en estos últimos años un buen incremento en la producción, pero carezco de datos para consignarlos.

La producción agrícola, según los datos oficiales de 1907, fué de $392.681,665, que unidos a la producción minera alcanzó la suma de $535.765,320, sin contar con la producción de carbón mineral y de petróleo; esta suma representa el producto obtenido en un año, de la explotación superficial y subterránea de los recursos naturales del país.

La producción de carbón de piedra en 1907, en los diversos yacimientos de

la República en el año de 1912, se puede estimar en unas 80,000 toneladas, de las cuales se exportaron 51,000 toneladas, la mayor parte para los Estados Unidos, con un valor declarado de $337,697; por lo que la producción total debe estimarse que tiene un valor de $530,000; en cuanto al petróleo exportado en el mismo período, encontramos la cifra de 19,241 toneladas, con un valor declarado de $636,483.

El aumento notable y gradual de todas nuestras exportaciones y de las importaciones hasta el año de 1907, no ha seguido en la misma proporción, sino que ha sufrido ciertas oscilaciones a causa de la crisis mundial financiera, que se hizo sentir en el mundo entero en el año de 1908, y del estado de revolución que se inició en el país desde fines de 1910, que produjo la caída del Gobierno Porfiriano. A pesar de todos estos inconvenientes, todas las empresas con capital suficiente que se encontraban dedicadas a la explotación de los recursos naturales del país para la exportación, casi no han sufrido perjuicios de consideración y han aumentado sus trabajos y su producción; las empresas que sí han sufrido trastornos considerables, son aquellas que tienen que realizar sus productos en el interior del país, pero este inconveniente tiene que ser pasajero y se remediará tan pronto como se restablezca el tráfico interior de los ferrocarriles en la escala en que se hacía en 1910, y cuando la seguridad y el respeto a los derechos de la gente pacífica vengan a imperar en todos los ámbitos del territorio nacional.

La supresión de las instituciones de crédito, es otro factor que ha influído para detener el progreso en nuestra producción destinada al consumo interior; inconveniente que tiene que remediarse lo más pronto que sea posible y sobre bases más liberales de las que concedían los antiguos establecimientos de crédito, que nunca quisieron o pudieron bajar el tipo del interés a menos del 8 por ciento anual. Cuando en los tiempos ya lejanos, en que el clero era el banquero de los mexicanos, el tipo era de 6 por ciento anual, no obstante que las revoluciones se multiplicaban, el bandidaje se había adueñado de todas las vías de comunicación principales, la propiedad tenía un valor muy bajo, la permanencia de un partido en el poder rara vez llegaba a cuatro años, y con excepción de la plata, casi no había ningún otro renglón importante destinado a la exportación; todos los presupuestos se saldaban con déficits considerables.

Hoy, aunque las condiciones aparentes, algo se asemejan a los aciagos tiempos que acabo de bosquejar, nos encontramos muy lejos de esa primera etapa, con fuentes nuevas de riqueza explotada, susceptible de un grandísimo desarrollo, tanto en el ramo de la agricultura, como en el de la minería, de la industria fabril y de la cría de ganado; pero para esto hay que desarrollar, en primer lugar, las vías de comunicación en el interior, abaratando el costo del transporte, lo que podemos hacer gracias a la producción del petróleo, que debemos tratar que se consuma dentro del país en su mayor parte.

Pozos en el campo petrolífero de Topila y vista de la brecha por donde pasa el Oleoducto de la "East Coast Oil Co."

Los 25,700 kilómetros de vías férreas de toda clase que actualmente son las arterias principales por donde se hace el tráfico interior y exterior de la República, son una ayuda insignificante para un territorio que cuenta con una extensión superficial de 1.987,201 kilómetros cuadrados, con una población calculada moderadamente en 14.000,000 de habitantes, que desgraciadamente se encuentran desparramados muy desigualmente en esta inmensa área. Corresponde a cada kilómetro cuadrado de superficie, apenas 14 metros de ferrocarril y para cada habitante 1.8 de metro, afortunadamente la concentración de la población se ha hecho de acuerdo con la distribución de los ferrocarriles y la proporción es muy diferente que la que he apuntado, tomando en globo las cifras de superficie y de población; pero a pesar de esto resulta que, por ahora, en vista de las necesidades, la red ferrocarrilera es muy pequeña; se hace indispensable la construcción de unos 75,000 kilómetros adicionales de ferrocarril, la creación y apertura de nuevos puertos y aduanas fronterizas y el mejoramiento y ensanchamiento de los puertos existentes tanto en la costa del Atlántico como del Pacífico, especialmente en el Pacífico, en la que aun no se han hecho investigaciones o estudios serios sobre los yacimientos de combustibles minerales que indudablemente existen, y cuya riqueza tal vez no sea inferior a la de los yacimientos petrolíferos de la costa del Golfo de México; pero aun suponiendo que estos yacimientos de combustibles del subsuelo no existieran allí, su riqueza mineral y agrícola justifica la construcción de un gran número de líneas ferrocarrileras que fácilmente pueden ponerse en explotación haciendo uso del petróleo producido en los Estados del Golfo, esto sin contar que en varios de los Estados del Centro se puede hacer también la explotación de los yacimientos carboníferos ya conocidos y la de los petrolíferos que aun no se han estudiado ni descubierto, pero cuya existencia por razones geológicas de peso, puede asegurarse que existen, y cuya ubicación en el interior del país, cuando lleguen a explotarse, contribuirán al desarrollo de los recursos naturales del país en una escala mucho más grande que la que pueden contribuir los yacimientos de las costas, cuya producción tendrá fatalmente que exportarse en provecho principal de los países extranjeros, a pesar de todos los esfuerzos que se hagan para consumir en el interior de la República la mayor parte posible.

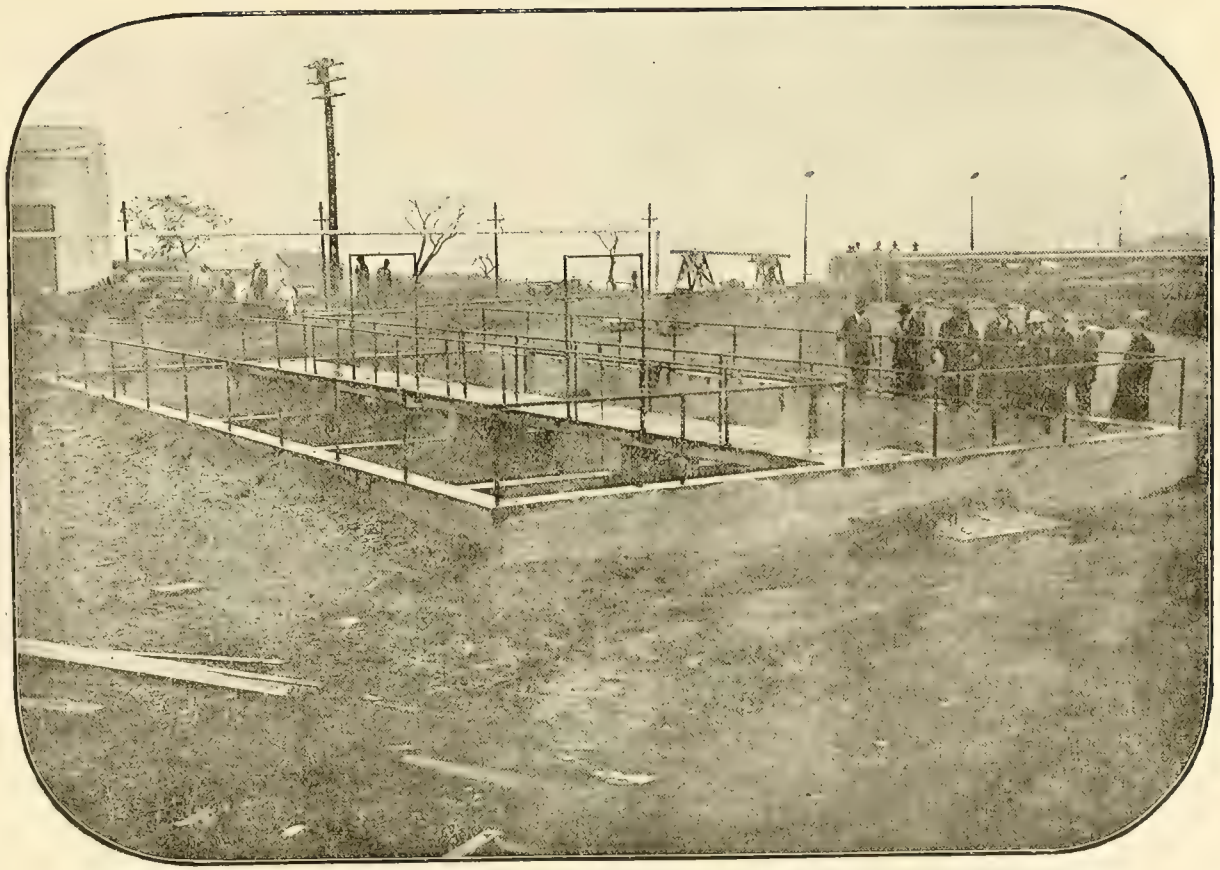
El adelanto de nuestra República ya no estaría limitado por la falta de combustible ni a la falta de vías interiores de comunicación si se llega a aumentar nuestra red ferrocarrilera a 100,000 kilómetros, cuidando que la localización de las nuevas vías se haga conforme a las verdaderas necesidades interiores del país, habremos logrado resolver los principales problemas que se mantienen en pie desde la Independencia hasta la fecha, alza de los jornales, baratura de las subsistencias, desarrollo e implantación de la industria, exportación en su mayor parte de productos manufacturados, en lugar de materias primas; inmigración

de brazos útiles y de capitales extranjeros, estabilidad de los Gobiernos y recursos sobrados para mantenerlos, alza en el valor de la propiedad y desaparición del analfabetismo, que es la consecuencia directa de la pobreza crónica de nuestras clases asalariadas, que por más esfuerzos que hagan las autoridades para difundir la instrucción entre las masas populares, siempre se estrellarán ante el problema que tiene el proletario de vivir con el miserable jornal que se le tiene asignado, aunque en cifras haya aumentado, pues al mismo tiempo que sube su jornal, los artículos de primera necesidad aumentan de valor en una proporción mucho más grande; este estado de cosas no es favorable para el afianzamiento de la paz, por el contrario, mantiene siempre alerta el espíritu de rebelión que se aprovecha de la menor oportunidad para estallar. Cuando el ciudadano puede, con el fruto de su trabajo, cubrir ampliamente sus necesidades, procura elevar con el sobrante de sus recursos el nivel intelectual de sus hijos, cuando sus recursos apenas le bastan, procura que los hijos se ganen por su parte, desde la más tierna edad, el pan de cada día, descuidando todos los demás.

Otra de las consideraciones qne debemos tener en cuenta para procurar el desarrollo de la explotación y aprovechamiento en la República de los combustibles minerales, con el aumento de las vías perfeccionadas de comunicación interior, es la consideración de que si en 1880 y años siguientes, hasta 1898, la inversión dentro del país de los millones de pesos que se gastaron en la construcción de los ferrocarriles que nos pusieron en contacto con las líneas ferrocarrileras de los Estados Unidos, fue suficiente para calmar los ímpetus de rebelión de las masas, hoy que nuestras condiciones económicas son mejores, aunque tienen muchos puntos de contacto con las que predominaban en los años de 1874 a 1884, se puede lograr la pacificación automática mucho más estable que la que se obtiene por medio de la fuerza, que sólo es eficaz mientras ella predomina, saliendo a la postre mucho más costosa para los intereses nacionales que el estado permanente de revolución.

Otra ventaja del incremento en el movimiento de los ferrocarriles y en la creación de nuevas líneas, sería la implantación de las industrias siderúrgicas o sea la explotación en provecho nacional de los criaderos de fierro, que apenas se han estudiado en nuestra patria, para abastecer el consumo de los ferrocarriles en primer lugar, y en segundo fabricar toda la maquinaria minera, agrícola e industrial que se consume en el país, pero sin estorbar para nada la competencia extranjera que es la que pone el freno a la tendencia del monopolio, a que tan afectos son nuestros industriales, que al amparo de este monopolio amasan enormes fortunas, produciendo artículos de mala calidad que venden a alto precio en perjuicio de los intereses del pueblo y del Gobierno.

Cuando gracias al desarrollo ferrocarrilero nuestras exportaciones se cuadrupliquen y nuestro consumo interior llegue a ser más del doble que el actual, en-



Trampa para separar el aceite mineral que contamina a las aguas del río Pánuco, construída para la "Standard Oil Co."

tonces podemos pensar en implantar nuestra Marina, construyendo nuestros propios buques y el armamento necesario para la defensa de nuestro territorio contra los ataques de las naciones poderosas, que siempre atacan a los débiles para mantener su supremacía: hoy nos encontramos prácticamente desarmados, teniendo que importar todos los elementos de guerra, que al iniciarse una guerra internacional nos serán negados, o en caso de guerra civil, el extranjero estará en aptitud de entregar estos recursos al beligerante que tenga sus mayores simpatías. Si nosotros llegamos a independizarnos por el desarrollo de nuestras industrias de la mayor parte de las importaciones extranjeras, habremos dado el primer paso en el camino de nuestra independencia política, financiera e industrial, que son los cimientos firmes del engrandecimiento de las naciones; no basta que el territorio que nos vió nacer encierre tesoros inagotables, que el suelo sea feraz, es necesario saber aprovecharse de esos recursos y no dilapidarlos en provecho de las naciones extranjeras, que en la lucha por la vida, siempre tienden a aprovecharse de todos nuestros recursos naturales al menor costo posible.

Para llegar a exportar toda la producción actual de petróleo de los Cantones de Ozuluama y Túxpam, se necesita quintuplicar la flota de buques–tanques conque actualmente se cuenta, sextuplicar la capacidad de los oleoductos, aumentar por lo menos tres veces la capacidad de almacenamiento en las estaciones terminales y construir varios ferrocarriles, entre ellos el directo entre Tampico a México y el paralelo a la costa entre Tampico y Matamaros, que se ligue con el Puerto de Corpus Christi en los Estados Unidos.

La capacidad de almacenamiento que tienen actualmente en diversos lugares las Compañías petroleras en tanques de acero, presas de tierra y de concreto puede estimarse en 25.600,000 barriles o sea una capacidad un poco superior a 4.000,000 de metros cúbicos.

La exportación de 200.000,000 de barriles de petróleo anualmente, será durante algunos años un problema bastante serio, que reclama mucha prudencia y estudio por parte del Gobierno y de las Compañías productoras de aceite mineral en el país, pues pudiera resultar una baja considerable en el valor del combustible en los mercados extranjeros; pues si bien es cierto que hay una tendencia marcada a que su consumo aumente, también es cierto que el petróleo se busca actualmente en todos los países del globo, habiendo muchas probabilidades de que se encuentren yacimientos importantes que harán la competencia a los petróleos de México, reduciéndose por consecuencia el mercado a un radio más o menos grande: esto que en apariencia es una desventaja para el país, es realmente una ventaja, pues entonces habrá un buen margen en la producción, que será muy ventajoso consumir dentro de nuestro país en multitud de industrias, siendo realmente desventajoso para los intereses de las compañías explotadoras de los terrenos petrolíferos mexicanos; por ahora este temor está lejos de realizarse y

creo que pasará como con nuestra producción de plata, que al bajar de precio por onza nos vimos obligados a aumentar la producción abaratando los costos, cosa en la que no se había pensado antes, pues el alto precio de la plata permitía hacer todos los despilfarros en su producción; debidos estos despilfarros principalmente a la ignorancia de los empresarios, hoy sólo los empresarios que ponen en juego todos los adelantos técnicos recientes y el capital necesario, logran obtener ganancias.

De esto último resulta que los derechos para la explotación de las riquezas del subsuelo, se deben conceder a los individuos o corporaciones que cuenten con los recursos necesarios tanto financieros como técnicos para que la explotación de los recursos naturales se haga en una escala tal, que los productos o materias primas que se lleguen a obtener resulten al precio más bajo posible, para que se pueda sostener la competencia con los productos similares de los demás países; ninguna nación debe dirigir sus esfuerzos y dedicar sus capitales a la producción de artículos de comercio o substancias primas, que pueda conseguir en el extranjero e importarlos a la Nación para su venta, a precios mucho más bajos que los de producción nacional; esto se aplica, con muy pocas excepciones, de orden político y militar que no entran en la regla general, a todos los ramos de producción. Los permisos para la explotación del subsuelo se deben conceder bajo las bases siguientes:

Primera.—Antes de conceder al individuo a corporación los derechos a la explotación del subsuelo dentro de los límites de una área determinada con toda claridad y precisión, el Gobierno deberá convencerse de que realmente existen los yacimientos de las materias que se trata de explotar, para lo cual los denunciantes proporcionarán todos los datos necesarios que serán calificados por el Instituto Geológico de México. En el caso de que los datos proporcionados por los denunciantes no sean suficientes para fallar el caso, se pedirá al interesado o interesados que emprendan algunos trabajos de exploración que tiendan a dilucidar el problema: si de la discusión de los datos, bajo el punto de vista geológico e industrial, el informe del Instituto Geológico de México estuviere en abierta contradicción del informe rendido por los geólogos de los denunciantes, el Ministerio de Industria y Comercio, de acuerdo con los interesados en la concesión, nombrará un perito tercero en discordia, que decidirá el caso y será expensado por los solicitantes.

Segunda.—Del estudio geológico-industrial y comercial que se haya hecho de la importancia de los criaderos comprendidos dentro de los límites del denuncio, se determinará el monto del capital en efectivo que la Compañía debe tener en sus cajas para los trabajos que sean necesarios para poner en explotación y en productos el fundo minero de que se trate, imponiendo además la obligación de invertir realmente todo el capital fijado, en un período que será

Trampa para recoger el petróleo que flota sobre las aguas del río Pánuco, de la "Standard Oil Co.," cerca de la Barra de Tampico.

variable para cada uno de los casos que se prensenten al dar la concesión; este período no podrá exceder de cinco años.

Tercera.—Como la concesión, por parte del Gobierno, de un fundo minero a los particulares, es realmente la cesión de una parte del monopolio de la Nación, el Gobierno Federal tendrá derecho para nombrar los inspectores e interventores que crea necesarios, no sólo para comprobar que se trabaja con actividad y con sujeción a los principios técnicos más modernos, sino que también investigará la pureza del manejo del capital en efectivo que se haya señalado a la compañía explotadora, para que los intereses fiscales no sufran pérdidas y los accionistas, principalmente los pequeños, no sean defraudados o absorbidos por los individuos que forman las Juntas Directivas, o por los grandes accionistas, los que con sólo paralizar los trabajos, emprender obras inútiles, no decretar dividendos o hacer que las exhibiciones sean muy frecuentes o muy altas, hacen bajar a su antojo en el mercado las cotizaciones de las acciones.

Este cuerpo de interventores e inspectores debe ser muy bien pagado por el Gobierno Federal y vigilado especialmente, para evitar los cohechos que, en caso de que se lleguen a comprobar, deberán castigarse con todo rigor.

Cuarta.—En vista de la importancia industrial de los criaderos, de su ubicación, recursos naturales con que se cuenta, vías de comunicación, se fijará la superficie mínima que puede ser concedida a una compañía o individuo, que cuente con el capital necesario para mantener los trabajos durante cinco años, bajo el plan que se trace al hacer concesión.

Quinta.—Por ningún motivo se permitirá la venta de las acciones liberadas durante los primeros cinco años de trabajo constante de los fundos y hasta que se haya hecho en ellos una inversión igual a la señalada en la concesión; estas acciones se podrán emitir quedando depositadas, ya en el Ministerio de Industria y Comercio, o en un Banco, hasta que la propia Secretaría de Industria y Comercio declare que se ha cumplido con todos los requisitos y se haga un valúo del valor comercial del negocio, para fijar el valor real de las acciones liberadas en relación con las acciones pagadoras.

Sexta.—La proporción entre las acciones liberadas y pagadoras, se fijará teniendo en cuenta la importancia comercial de los criaderos y las facilidades o dificultades probables que haya que vencer en la explotación y las ganancias probables, pero esta proporción nunca será mayor a la de una liberada por cuatro pagadoras, pudiendo ser todavía mucho mayor el número de acciones pagadoras. Por lo general, las acciones liberadas no se pondrán en el mercado sino hasta que haya una prueba evidente del valor del negocio, y no venga su oferta en el mercado a depreciar el valor de las acciones pagadoras, que son las que van a contribuir al desarrollo del negocio, mientras las liberadas son una

carga para el costo de la producción, derivadas de la concesión del fundo minero a los fundadores de la compañía por el Gobierno.

Séptima.—Nunca se concederá una extensión de terreno, reputado como productivo superior a la que se pueda explotar con el capital en efectivo subscripto. Al aumentarse el capital pagador de una compañía, en el caso de que se haya tenido éxito en el fundo primitivo, se podrá ampliar éste, en la proporción del aumento correspondiente al aumento de los recursos de la compañía. Esto tiende a evitar, hasta donde es posible, el latifundismo minero, que ha hecho que permanezcan sin explotar muchos de los yacimientos reconocidos que han sido denunciados por las compañías poderosas, o por ciertos individuos que viven acaparando fundos mineros sin llegar a trabajarlos, esperando una oportunidad para venderlos a alto precio.

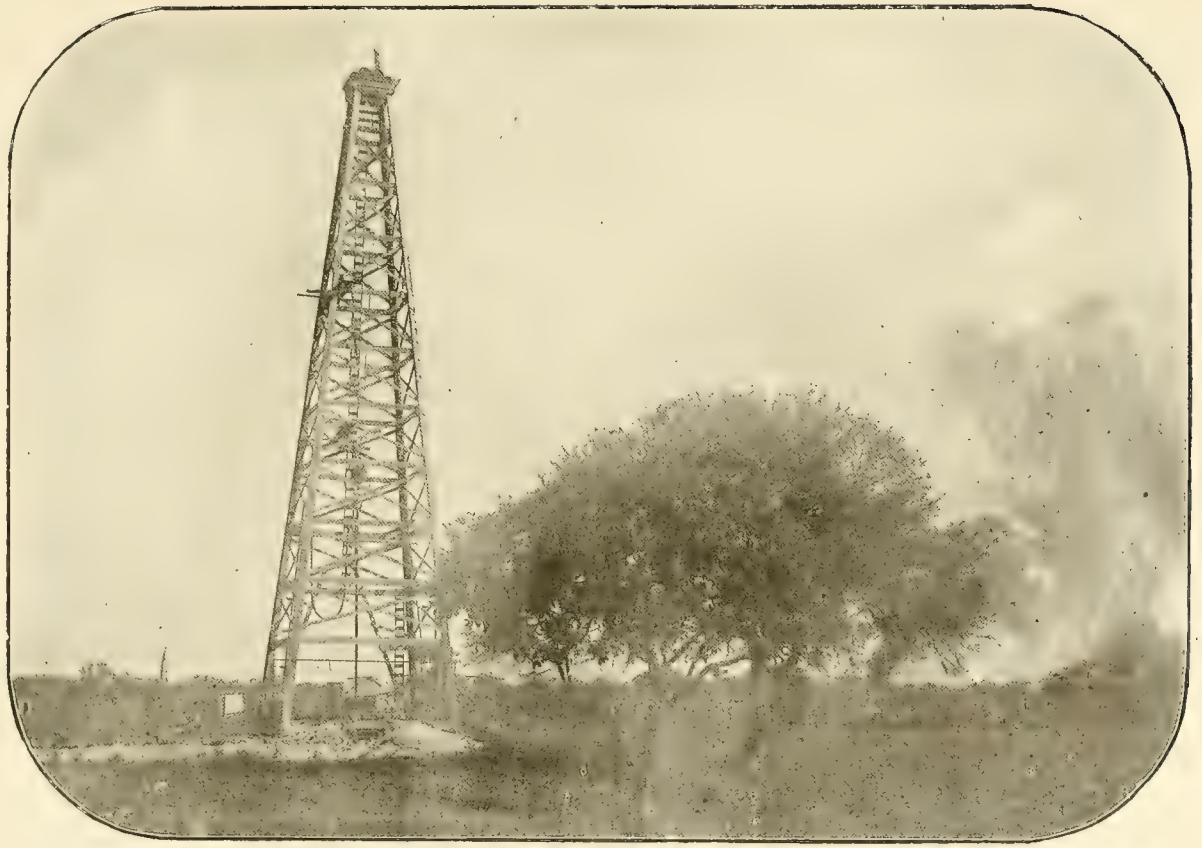
Octava.—El impuesto minero por hectárea debe conservarse, debiéndose pactar en todas las concesiones una participación de la Nación en las utilidades líquidas de los negocios mineros, representados por el 5% del número total de acciones que lleguen a emitirse, tanto pagadoras como liberadas, a título de gastos de intervención e inspección.

Novena.—A los descubridores de yacimientos nuevos, se les asignará un premio en metálico por el Gobierno y el derecho de formar compañías para explotar con el capital necesario, por un período que no exceda de tres años, fenecido el cual, el Gobierno puede disponer de los yacimientos en favor de las compañías que aporten el capital necesario para la explotación, concediéndoles los fundos bajo las bases antes dichas.

En cuanto al Código de Comercio, debe modificarse de acuerdo con las nueve bases que acabo de exponer, introduciendo la manera de que se hagan efectivas las responsabilidades de las Juntas Directivas y de los Directores Técnicos de las Compañías, pudiéndose exigir estas responsabilidades por una minoría de una sexta parte de los poseedores de las acciones emitidas y vigentes, o por denuncia de los interventores del Gobierno.

Estas medidas son sumamente urgentes para que el desarrollo de nuestra industria minera llegue a alcanzar el grado que corresponde a la riqueza de nuestro subsuelo.

Debe mantenerse en vigor la circular de 15 de agosto de 1916, en que incapacita a los extranjeros o a las sociedades extranjeras, si no se nacionalizan previamente, para adquirir derechos sobre cualesquiera de los bienes a que se refiere dicha circular; aun cuando sería mucho mejor y más práctico el declarar constitucionalmente que por el sólo hecho de adquirir bienes en la República o explotar cualquiera industria, los extranjeros que se establezcan en la nación o adquieran en el extranjero acciones de empresas que exploten los recursos nacionales, se consideran para todos sus efectos como si fueran adquiridas por



Torre empleada para la perforación de pozos por el sistema de rotación, instalada en la región de Pánuco, en las goteras del pueblo de Pánuco.

nacionales, suprimiendo aunque sea bajo el punto de vista legal, de una plumada todos los derechos de extranjería, que sólo pueden hacer efectivos valiéndose de la fuerza, las potencias de primer orden; estos derechos son los que han puesto las principales trabas al empleo del capital nacional en las empresas mexicanas, que actualmente se encuentran supeditadas a las extranjeras, que cuentan con la protección de nuestros Gobiernos.

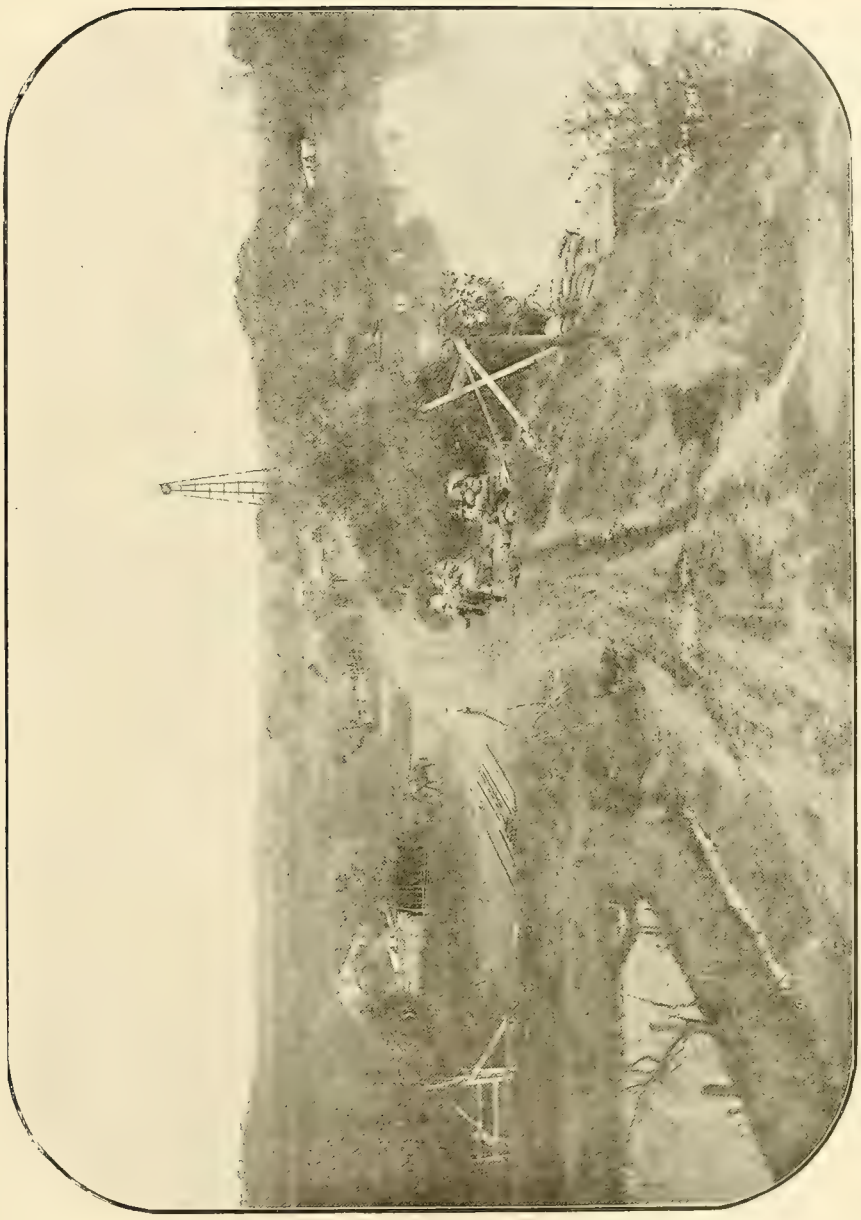
Volviendo al asunto del petróleo y de los yacimientos petrolíferos de la República, haciendo un cálculo sumamente bajo, podemos decir que la extensión superficial reconocida es 9.670,000 hectáreas, o sea aproximadamente la veintiseisava parte de la superficie territorial de la República, distribuida de la siguiente manera:

43,000 kilómetros cuadrados en la zona de la costa del Golfo de México, hay peritos como el Ing. Teodoro Flores, que la estiman en 50,000 kilómetros cuadrados; 25,000 kilómetros cuadrados en la zona de las costas del Pacífico y en 8700 kilómetros cuadrados en el interior del país, o sea un total de 96,700 kilómetros cuadrados; cifra que tiende a aumentar cuando se haga una buena exploración en los Estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Durango, Zacatecas, Aguascalientes, Guanajuato en la parte que linda con Michoacán, Querétaro, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Puebla y tal vez Tlaxcala y en los Territorios Federales sin exceptuar el Distrito Federal, pues en todos ellos abundan las formaciones del Terciario, existiendo indicios de carbón, que es posible resulten a la postre de Grahamita o sea chapopote endurecido privado de las partes volátiles, como parece es el caso en muchos de los yacimientos del interior del país que se están considerando como carboníferos, no siendo extraño que al mismo tiempo que se explote el carbón, pueda aparecer en las capas más profundas el petróleo, como ha pasado en el Canadá y en Texas. El problema que se presenta, es la determinación del capital mínimo que hay que invertir en una empresa de explotación petrolera en las diversas zonas, teniendo en cuenta las probalidades de encontrar petróleo a cierta profundidad, y el número de perforaciones infructuosas o pocos productivas que se tengan que hacer antes de alcanzar el éxito apetecido. Después hay que hacer el cálculo de los desembolsos para el establecimiento de los tanques para el almacenamiento, crear y mejorar los medios de comunicación, como es la construcción de los ferrocarriles locales, oleoductos, canalización y mejoramiento de las vías fluviales, en el caso de que existan, el aprovisionamiento de los campamentos y superficie de los terrenos por explotar, que son un factor muy importante para la vida de una empresa de esta naturaleza.

Como sólo hay datos respecto a la zona del Golfo, voy a hacer un cálculo aproximado para estos terrenos, partiendo de la base de que se necesitan hacer, en terrenos bien estudiados bajo el punto de vista geológico, unas 4 perforacio-

nes para llegar a obtener un buen pozo, y que la profundidad media sea de 900 metros, basado en la experiencia obtenida en los campamentos productivos de Ozuluama y Túxpam, en donde se ha alcanzado el petróleo entre profundidades comprendidas entre 580 metros y 1,220; esto implica un gasto de cerca de 120,000 pesos por perforación, o sean $ 480,000, incluyendo en esto la apertura de caminos provisionales, tuberías para agua y establecimiento de campamentos; en el caso bastante probable en esta zona, de que la producción de los pozos bien localizados llegare a una cifra de 6,000 barriles diarios, se tendrían para ponerlos en el mercado bajo las mejores condiciones económicas de transporte que desembolsar lo necesario para establecer por lo menos unos 6 tanques de 55,000 barriles de capacidad y unos oleoductos cuyo desarrollo en longitud sólo se puede estimar en vista de la ubicación del campamento productivo respecto a las vías generales de comunicación y transporte; este gasto, bajo las condiciones más favorables, no puede bajar de unos $ 400,000, lo que unido a los gastos de perforación, hacen una suma en números redondos de $ 900,000; a esto hay que añadir todos los gastos de administración, contribuciones y propaganda, así es que el capital mínimo para establecer una negociación petrolera en las mejores condiciones posibles, sin contar con una producción exorbitante como la de los grandes Gushers, será la de 1.000,000 de pesos.

Partiendo de esta base, hay que calcular, aproximadamente, la riqueza petrolífera del subsuelo que se puede aprovechar por medio de los pozos y el área que puedan drenar, no hay que pensar en el agotamiento de la cantidad de petróleo que pueda contener el criadero, pues los derrumbes interiores que se verifican a medida que se escapa el gas y el petróleo de la profundidad, ponen un límite al aprovechamiento, sin contar con la invasión del agua que inutiliza algunos de los pozos antes que se haya logrado sacar la mayor parte del petróleo aprovechable. Suponiendo que el término medio del aprovechamiento del petróleo contenido por cada hectárea del terreno petrolífero de primera clase, sea para el actual horizonte que se explota de unos 250,000 a 500,000 barriles o sea por término medio 375,000 barriles, cifra muy moderada, como lo prueba el producto de muchos de los pozos notables de la región y la vida de los pozos brotantes que aun no se ha llegado a determinar, pero que no dan aún en esas regiones señales de diminución en su producción, al cabo de más de seis años de explotación y apenas acusan cierto descenso ligero en la presión manométrica de los gases después de haber extraído de ellos algunos millones de barriles de petróleo y que uno de los pozos es capaz de drenar; si nos atenemos a los datos suministrados por el hundimiento de la superficie al rededor del famoso pozo incendiado de Dos Bocas, podemos establecer que una perforación es capaz de hacer la explotación de una superficie a la profundidad de 750 metros de un área circular de más de 1,800 metros de radio, puesto que el diámetro del hundido apa-



Campo petrolífero de Topila, pozo de la "Santa Fe Oil Co."

rente en la superficie tiene un radio de 600 metros cuando menos, aunque en un croquis publicado en los Parergones del Instituto Geológico, tomo III, como anexo al trabajo denominado "El pozo de petróleo de Dos Bocas," aparece que sólo tiene 150 metros de radio, lo que da, tomando el primer dato, una superficie de 8 hectáreas en números redondos; en el caso general de que la salida del petróleo y de los gases no se haga tan rápidamente como pasó en el ejemplo que estamos estudiando, los derrumbes interiores se verificarán más lentamente por un período de tiempo, que estará en relación con la capacidad de almacenamiento del yacimiento puesto en relación con el exterior por medio de la tubería del pozo, la resistencia de las rocas que se encuentran formando la bóveda del criadero y la cantidad de petróleo que se vaya extrayendo para el consumo, la obturación de los canales que pongan en comunicación el depósito principal con los vecinos que se encuentran no muy lejos, explotados directamente con el pozo, no se verificará con mucha rapidez, sino por el contrario, estos canales tenderán a mantenerse abiertos para equilibrar su presión areohidráulica con el depósito explotado directamente, en el cual la presión tiende a disminuir a medida que salen el petróleo y los gases, como consecuencia natural de la extracción de los hidrocarburos: cuando la capacidad de los depósitos subterráneos es considerable, entonces se nota una diminución muy pequeña en la presión manométrica, no obstante la gran cantidad de petróleo y gases que han salido por las válvulas de los pozos brotantes. Cuando los derrumbes interiores se verifican con gran rapidez, son los canales naturales de comunicación entre el depósito que se encuentra debajo de la perforación y los que están a su alrededor, los primeros que se obstruyen, reforzándose estas obstrucciones con el derrumbe general de la bóveda del yacimiento que se encuentra debajo de la perforación.

En virtud de estas consideraciones, podemos muy bien atribuir el poder de drenaje para un pozo bien localizado en los Cantones de Ozuluama o de Túxpam, una superficie cuádruple a la apuntada, o sean unas 32 hectáreas como máximo. En otras localidades del extranjero, en donde la riqueza petrolífera del subsuelo es muy inferior a la que han dado muestras de poseer los terrenos petrolíferos de los dos Cantones veracruzanos ya dichos, se ha dado empíricamente la regla, de que basta un pozo para drenar unas ocho hectáreas de terreno del petróleo contenido en el subsuelo.

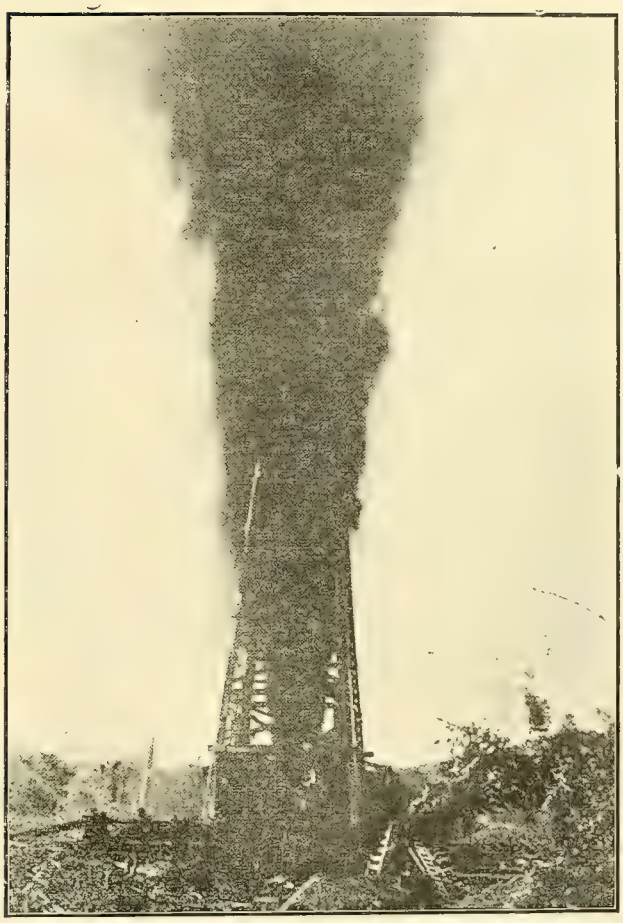
Por consecuencia, soy de opinión que para dar una concesión para la explotación del petróleo en cualquiera de los Cantones de Ozuluama o Túxpam, que garantice la inversión de un millón de pesos, oro nacional, sin cometer despilfarros, se le podrán conceder una extensión máxima de 2,500 hectáreas en una sola parcela, que es aproximadamente 20 veces más de lo que podría explotar con los cuatro pozos, en el caso, muy remoto, que todos ellos resultaren productivos y capaces de drenar 32 hectáreas del subsuelo, cada uno de ellos; suponiendo que

sólo la quinta parte del terreno comprendido dentro del área marcada, fuera susceptible de explotación, tendría la compañía que perforar alrededor de 16 pozos productivos, como mínimo, y unos 50 como máximo, lo que reclamará probablemente un lapso de tiempo superior a diez años, tal vez unos 50 años.

En otras regiones del país menos favorecidas, esta superficie tiene que aumentarse en vista de los datos que se tengan al hacerse la concesión por el Ministerio de Industria y Comercio.

Una extension de terrenos petrolíferos de 2,500 hectáreas en las regiones petrolíferas más ricas del país, y una de 5,000 hectáreas en los terrenos petrolíferos menos favorables, son aliciente más que suficiente, para estimular la inversión por cada una de las compañías que se formen con un capital de un millón de pesos. Se lograría de esta manera poner coto al desenfreno en la especulación de las acciones en el mercado de las compañías petroleras, obteniéndose además, la ventaja de que solo las compañías serias, pudieran dedicarse a la explotación del petróleo; evitando hasta donde es posible, el desperdicio de los recursos naturales, que no pueden lograr las compañías pequeñas, por lo exiguo de su capital y de la dirección técnica que puedan tener a su disposición, conozco algunas de estas pequeñas compañías que sólo contaban con fondos suficientes para perforar un solo pozo, el cual, según todas las apariencias, no había llegado a la profundidad suficiente, y que como último recurso, pretendieron salvar la situación, haciendo explotar un torpedo en el interior de su perforación, con todas las probabilidades de inutilizarla y acarrear perjuicios a sus colindantes.

En el supuesto anterior, de que una perforación bien localizada, fuera productiva y capaz de drenar una área de 38 hectáreas, capaces de producir cada una de ellas 375,000 barriles, se puede contar con una producción total en cada uno de estos pozos de 14.250,000 barriles, de los que se puede obtener con toda seguridad una ganancia mínima de ($0.10) diez centavos oro nacional como mínimo, lo que daría por cada uno de los pozos productivos un rendimiento total de ($1.425,000.00) un millón cuatrocientos veinticinco mil pesos; y como una compañía que cuente con un capital en efectivo de un millón de pesos en oro nacional, está en aptitud de perforar y obtener más de un pozo productivo, resulta que la inversión del capital mínimo que he señalado para el funcionamiento de una compañía que tenga a su disposición 2,500 hectáreas de buen terreno petrolífero y sus pozos bien localizados, conforme a los principios científicos, puede obtener, una vez que se conozcan las características geológico–económicas de su fundo por las cuatro primeras perforaciones, podrá hacer las perforaciones siguientes a un precio mucho menor que las cuatro iniciales, pudiéndose calcular que el costo de estas últimas perforaciones de explotación apenas sacarán un costo de 35,000 pesos, debiéndose aprovechar en la explotación muchas de las



Gran Pozo Brotante de Cerro Azul Núm. 4
Aspecto del chorro cuando principió a brotar, con la torre medio destruída.

obras que se hicieron para el trabajo de exploración, lo que hace que las ganancias aumenten en una gran proporción.

Según datos publicados por el Lic. Fernando González Roa, en su estudio titulado "El Problema Ferrocarrilero," los ferrocarriles mexicanos consumieron combustibles durante el período de tiempo comprendido entre febrero de 1909 hasta junio de 1914, cuyo valor alcanzó la cifra de $36.064,456.94, estando representado el valor del petróleo por la suma de $11.950,745.39 lo que representa aproximadamente el 23% del valor del combustible consumido, siendo indudable que esta proporción seguirá en aumento, a medida que se facilite el transporte al interior del país y se disminuyan los costos del transporte de esta materia prima de primera necesidad. Si se pudiera aumentar nuestra red ferrocarrilera a más de 100,000 kilómetros, es indudable que el consumo del petróleo por los ferrocarriles, no sólo llegaría a la cifra anual de 36 millones de pesos sino que excedería en mucho de esta cantidad, no sólo en el importe de lo consumido por los ferrocarriles sino por la implantación dentro de nuestro territorio de una multitud de industrias que sólo esperan para funcionar obtener el combustible a precios bajos, fletes baratos para sus materias primas y productos manufacturados y facilidades de comunicación en el interior del país y para el exterior, seguridades para la inversión de los capitales que se empleen, semejantes a las que disfrutan en todos los países civilizados que marchan a la cabeza del Progreso.

Para el logro de esta transformación, después de hacer todas las reformas necesarias en nuestra legislación industrial, que se encuentra todavía en mantillas, sólo se necesita un lapso de tiempo que no excederá a unos ocho años, probablemente unos cinco años bastarían, aprovechando todos los elementos de transporte con los que actualmente se cuenta, que no existían en los años de 1880 en los que se dió principio a la construcción de los ferrocarriles en México.

Una vez que se haya logrado aumentar considerablemente nuestras vías ferrocarrileras actuales, trazado y construído nuevas rutas que permitan explotar el territorio nacional con mayor amplitud, se puede pensar en la construcción de los grandes oleoductos que faciliten el transporte del petróleo producido en los campos petrolíferos de nuestras costas, especialmente del Golfo de México, para abastecer de combustible líquido y gaseoso el interior de la República, estando indicados como los mayores consumidores de estas materias primas los Estados de la Mesa Central; los cuales cuentan actualmente con elementos industriales bastante buenos, una densidad de población muy aceptable y son el verdadero granero de la República. Muchos de estos eleoductos y gasiductos cuya longitud tiene que ser muy considerable, se deberán trazar paralelamente a varias de las arterias principales de comunicación, los centros fabriles podrán desarrollarse, no sólo cerca de las grandes caídas de agua como pasa actualmente, susceptibles de aprovecharse directamente en fuerza motriz, sino cerca de los terrenos productores de las materias primas, para su transformación económica y perfecta en

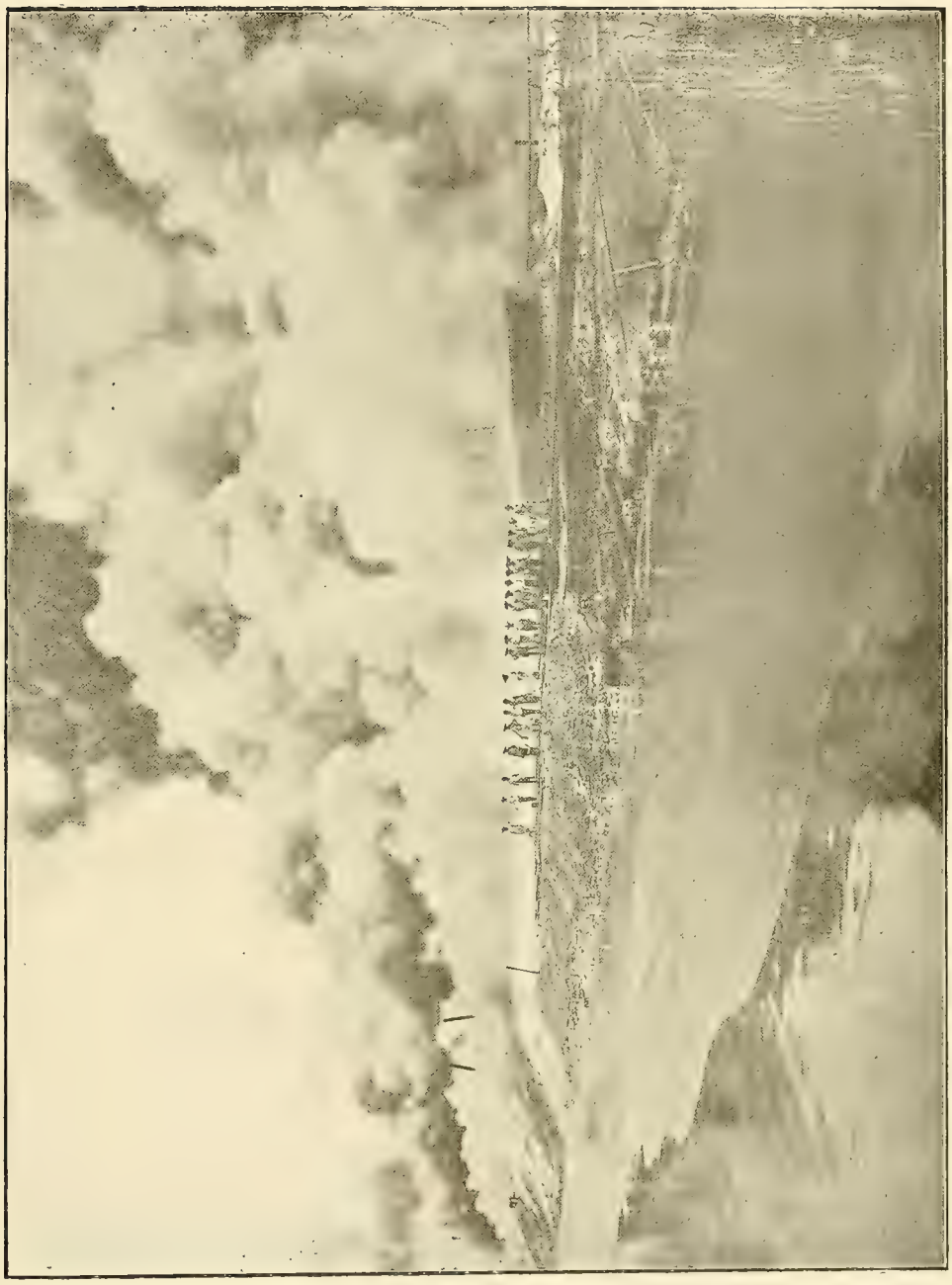
productos manufacturados, lo que haría cambiar radicalmente el comercio mexicano de exportación; ya no sería entonces México un país exportador solamente de materias primas, en las que se obtiene una ganancia muy pequeña, sino de artículos manufacturados que son los que alcanzan el precio más alto posible en los mercados del mundo.

Se dirá que para esto, necesitamos del capital extranjero puesto que el mexicano no existe o es incapaz de acometer con éxito semejante empresa: esto es muy cierto para el pasado y para el momento histórico presente, pero hay que tener en cuenta que el capital es cosmopolita y sólo busca para nacionalizarse y derramar sus beneficios, a los países que les presten mayores garantías de seguridad y la ganancia más alta; lo mismo pasa con el elemento Trabajo, los brazos acuden de todos los rincones del mundo habitado a los países en donde los salarios son altos y la vida es barata; en cuanto al elemento Tierra, nosotros hemos contado siempre con una de primera calidad y que no hemos sabido aprovechar, sino en parte mínima, como consecuencia de la organización colonial, que en realidad era la explotación sistemática de los recursos naturales del país y de la población indígena en provecho de la corona de España y de los españoles, especialmente de los descendientesdirectos de los conquistadores.

El celo de la Corona Española no permitió el establecimiento en el país de la industria manufacturera, para conservar el mercado a los productos de manufactura española; ciertos cultivos, como el de la vid y de los olivos, fue prohibido sistemáticamente: sólo se permitió su cultivo en los conventos y a algunos de los descendientes de los conquistadores.

Felizmente las condiciones económicas de la Nación, pueden transformarse rápidamente con la explotación de los yacimientos petrolíferos de México, que permitirán cuando se logre en el interior del país el consumo amplio del petróleo para la producción de fuerza y como combustible, salvando el inconveniente de la carencia actual de combustible barato y en cantidades ilimitadas, que ha sido el escollo en el que hasta hoy han naufragado todas nuestras tentativas de engrandecimiento.

La Agricultura, gracias al aumento probable de las vías de comunicación, abaratamiento en los fletes y al empleo en grande escala de los tractores de petróleo, podrá ensancharse su esfera de acción a una extensión considerable de terrenos que actualmente permanecen incultos, por su lejanía a los centros de consumo; en la actualidad, en el interior del país no se puede hacer el transporte de los cereales a una distancia de más de 500 kilómetros, cuando se tiene la fortuna de contar con la vía ferrocarrilera, cuando hay que hacer el transporte por medio de bestias de carga, sólo es posible, para que quede una pequeña ganancia, transportarlos a unos 150 kilómetros. Al ensancharse por las facilidades del transporte y la baja en los fletes el radio del cultivo y del mercado para los ar-



Incendio de petróleo crudo (chapopote) en el río de Coatzacoalcos, Istmo de Tehuantepec.

tículos de primera necesidad, producidos en el interior del país, se impone como consecuencia la introducción de los métodos mejorados más modernos de cultivo y explotación de las riquezas naturales, y vendrá automáticamente el adelanto general en la Agricultura, Minería e Industria como una consecuencia de la competencia que se podrá entablar dentro de territorios circunscritos por círculos cuyo radio irá aumentando a medida que las facilidades de producción se multipliquen, traspasando las fronteras, como ha pasado con los Estados Unidos del Norte, que actualmente han llegado a ser la nación que ocupa el primer lugar entre los países exportadores, gracias a que desde una época bastante remota, supo aprovechar sus yacimientos de carbón y fierro; después, a partir de los años de 1860, se dedicó además a encontrar empleo a su producción petrolera, habiéndolo logrado de una manera satisfactoria, lo que le ha permitido colocarse entre las primeras naciones manufactureras del mundo entero, aun antes que estallara la guerra actual europea, y que conservará, por todo el tiempo, durante el cual pueda obtener combustibles baratos y en cantidades ilimitadas para las necesidades de su industria.

Otro ejemplo reciente de lo que puede hacer el aprovechamiento de los recursos naturales de un país por sus habitantes, pero con especialidad los combustibles fósiles, es el Japón, que aprovecha tanto su carbón como su petróleo y gas combustible en el desarrollo de la Industria y de los transportes, tanto terrestres como las vías fluviales y marítimas, el Japón sólo exporta una cantidad mínima de materias primas sin manufacturar, procura sacar todo el mayor provecho posible de sus recursos naturales, haciendo un empleo amplio de sus combustibles, habiéndose convertido en una potencia asiática de primer orden, japonizando todos los adelantos y capitales que ha podido adquirir de la civilización europea y creando o mejorando varios que le son especiales.

México, contando con una amplia producción de combustibles por un período de algunos siglos, puede transformarse rápidamente, con sólo aprovechar dentro de su territorio una parte de esta producción, que ya es de mucha importancia, en la transformación de sus materias primas que pueden explotarse con mucha facilidad. El día que se consuma siquiera la mitad de la producción potencial de los pozos actuales productivos de los campos petrolíferos del Estado de Veracruz, es decir, 250,000 barriles diarios, habremos llegado a un grado de progreso y bienestar tan grande, que es difícil de bosquejar; nuestras exportaciones, consistiendo principalmente de productos manufacturados con materias primas mexicanas, llegarán en valor a decuplicarse: esto no tiene nada de exagerado, si consideramos que en 1876, cuando el consumo de los combustibles fósiles apenas si se conocía en el interior de la República, las rentas de la nación apenas bastaban para cubrir las dos terceras partes del Presupuesto de la Federación, que ascendía a $24.891,502.18; en 1888, cuando se pusieron en explotación unos

4,000 kilómetros de ferrocarril, empezando a importar del extranjero por los puertos de Veracruz y Tampico cantidades regulares de carbón de piedra inglés y americano, las rentas federales aumentaron y permitieron cubrir un presupuesto de $36.270,451.48; en 1907, cuando la red de los ferrocarriles había adquirido un desarrollo mucho más considerable, unos 16,000 kilómetros y se consumía dentro del país una tercera parte de la producción carbonífera del Estado del Coahuila, el presupuesto era de $91.000,299.48; el aumento en los recursos del Gobierno Federal en el año de 1907, comparado con los que contaba en 1888, es casi el cuádruple, lo que corresponde al incremento de la red ferrocarrilera del país, y esto sin contar que algunas de las líneas ferrocarrileras que se han construido, no son de gran importancia, o no hubieran podido por el poco tiempo que estuvieron funcionando hasta el año de 1907, desarrollado todo el tráfico de que son susceptibles y a pesar de los altos fletes ferrocarrileros, que son una de las causas principales de rémora para aumentar la riqueza del pueblo mexicano, que es lo más importante: no hay que consolarnos solamente con decir que el suelo de México es el más rico que se conoce, y que los extranjeros lo confirmen en sus descripciones, se necesita que con nuestro trabajo podamos aprovecharnos de una buena parte de esa riqueza.

Por lo anterior, se puede colegir, que si el desorrollo de nuestras vías de comunicación ferrocarrilera llegase a aumentar a unos 100,000 kilómetros, y se introdujeran en ellas todos los nuevos adelantos, para aumentar la velocidad y la capacidad de transporte, las rentas federales, las de los Estados y los recursos de los habitantes de la República pudieran fácilmente llegar a decuplicarse, como lo dije antes, tomando como base las entradas del Erario en el año Fiscal de 1907–1908, serían capaces de sufragar un Presupuesto anual del Gobierno Federal de $910.002,995, y la producción agrícola y minera alcanzaría una cifra muy superior a $5,357.653,000.00, sin comprender la producción de petróleo ni el aumento en precio de las materias primas que se convierten en productos manufacturados, sólo por el renglón del petróleo se puede considerar un aumento en la cifra apuntada de unos 500,000 barriles diarios, que calculados al precio bajo de cincuenta centavos por barril, representarían la suma de $182.100,000.00 anuales, de los cuales se consumiría en la República la mitad, lo que sería sumamente favorable para nosotros los mexicanos en general.

La proporcionalidad que se nota en el aumento de las vías ferrocarrileras, respecto a los ingresos del Gobierno Federal durante los años de 1876 y 1888, pone de manifiesto que la explotación de los recursos naturales del país; está sumamente lejana de su límite natural, apenas si se ha iniciado, como pasa en los territorios del Africa Central, por no contar con amplios medios de transporte y la baratura de los fletes que reclama imperiosamente el comercio mundial y el particular de una nación cualquiera.

Gran Pozo Brotante de Cerro Azul Núm. 4.
Profundidad de la perforación, cerca de 820 metros. Presión de los gases, 70 kilogramos por centímetro cuadrado.
Potencialidad de la producción en petróleo, 37,576 toneladas diarias.

Como dije antes, por las condiciones especiales en que se encuentran los Estados de la costa del Golfo de México, y los de la Mesa Central, serán los primeros que se beneficien al implantar las mejoras que reclama nuestra producción de petróleo y que esta materia prima permite desarrollar; pero como una parte de estos beneficios tendrán que extenderse a los Estados fronterizos del Norte y a los de las costas del Pácifico, en donde también se encuentran yacimientos petrolíferos de importancia, que no se han estudiado a fondo por la falta de vías de comunicación, la escasez de población y atrazo completo industrial, el mejoramiento se hará sentir en todos los ámbitos de la República, y se hará posible desarrollar la explotación de los recursos naturales que en inmensas cantidades y gran variedad, encierran esos territorios que son como las reservas naturales sin tocar, para tiempos más prósperos.

En resúmen: nuestra industria petrolera, para que resulte provechosa para el país, debe procurarse por cuantos medios sea posible, que su producción sea aprovechada en el interior del país para aumentar nuestros medios de transporte, desarrollar la industria nacional y la agricultura, para lo que se necesita la inversión de grandes capitales que sólo se pueden conseguir en el extranjero; que este capital vendrá de mutuo propio, desde el momento en que cuenta con las garantías reales suficientes, y no las que se consignan en las leyes y en los contratos con los Gobiernos que no prestan la garantía de su estabilidad. El Gobierno actual ha dado un paso en esta vía, imponiendo un derecho proporcional a la calidad del petróleo que se exporte al extranjero, declarando al mismo tiempo que el petróleo que se consuma dentro del país no pagará impuestos; pero esto no basta, hay la necesidad de crear los consumos en el interior del país, para lo que es forzoso aumentar considerablemente nuestra red ferrocarrilera y hacer bajar las tarifas de fletes, mejorar las vías actuales de comunicación que se llaman caminos nacionales y trazar muchos otros que respondan a nuestras necesidades actuales y en previsión de las futuras.

Que se den leyes generales que garanticen suficientemente la inversión de capitales en todos los negocios mexicanos y que los derechos de propiedad y su transmisión se definan con toda claridad: que se establezca un sistema bancario amplio y liberal, que permita a los empresarios obtener capitales a un tipo de interés moderado que no pase de un 4% anual como máximo; por último, que se modifique nuestro Código de Comercio, de tal manera y conforme a los adelantos del siglo, para que se faciliten todas las transacciones y que la organización de las compañías, especialmente las "anónimas," funcionen siempre bajo la garantía de la vigilancia del Gobierno y de la responsabilidad pecuniaria de las juntas directivas; para que las aportaciones de capital en efectivo de los pequeños subscriptores de acciones, no corran los grandes riesgos a que actualmente se encuentran sujetas, y que en la práctica se traducen por la pérdida

casi segura del ahorro de las clases medias y bajas de la nación, no obstante que representan el medio más eficaz, hasta ahora conocido, en los países extranjeros, para formar los grandes capitales que se necesitan para el desarrollo de las empresas industriales y de explotación de los recursos naturales superficiales y subterráneos de una nación.

CAPITULO III.

Origen de la formación del Petróleo

Hasta ahora, a pesar del desarrollo de la explotación petrolera en el Estado de Veracruz principalmente, cuya producción lo coloca en primera línea como productor de petróleo no sólo de los Estados que forman la Federación de la República Mexicana, sino tal vez del mundo entero; no ha sido estudiada bajo el punto de vista geológico suficientemente, para tener una idea clara de las formaciones en que se encuentra el aceite mineral, existen varios estudios aislados, que sólo se hayan de acuerdo en clasificar las formaciones en donde se han localizado los grandes yacimientos actualmente explotados, como pertenecientes a las formaciones del período Cretácico, y de la Era Terciaria sin que se puedan hacer las subdivisiones, por no haberse encontrado o estudiado suficientemente los pocos fósiles que se han obtenido de los estratos de las diversas regiones petrolíferas en explotación, en donde desgraciadamente, son muy escasos y mal conservados para que la clasificación se hubiera podido hacer con facilidad.

Otras de las dificultades con que se tropieza para hacer el estudio estatigráfico de los terrenos atravesados por las numerosas perforaciones que se han hecho hasta hoy en estos terrenos, es la ocultación de los diversos datos obtenidos por las compañías petroleras que cuentan con verdaderos geólogos, que mantienen secreto el resultado de los estudios que les han servido de base para hacer las inversiones de los grandes capitales que tienen dedicados en esta empresa dando como razón para justificar su conducta, que la obtención de esos datos les ha costado una gran suma de dinero.

Los registros que publican son los que comunmente llevan los perforadores empleados en la apertura de los pozos, los cuales como es natural, carecen de conocimientos científicos en materia de Geología, Mineralogía, Paleontología, etc., etc., los únicos datos dignos de fe, y esto hasta cierto punto, son las profundidades a que se encuentran los cambios de dureza y aspecto de las rocas que ellos llaman pizarras, calizas, gumbo o lodos, indicios de petróleo, salida de gases,

Gran Pozo Brotante de Petróleo del Llano Núm. 4.
Profundidad de la perforación, 587 metros. Presión de los gases, 40 kilogramos por centímetro cuadrado.
Potencialidad de la producción en petróleo, 16,666 toneladas diarias.

agua salada, y por último, petróleo, las mayores o menores difilcutades que han experimentado al atravesar las diversas capas, que no siempre son reales, sino que dependen del estado de uso en que se encuentran sus herramientas y de la actividad con que han trabajado.

Para llegar a algunas conclusiones fundadas en esta materia, no basta en mi concepto, hacer el estudio únicamente en los campos de explotación petrolera, sino que hay que tener en cuenta los estudios ya hechos sobre una extensión de terreno que abarque no sólo lo que se reputa actualmente como formación petrolífera, sino de todas las formaciones del Cretácico que se encuentran en la República y sus relaciones con los terrenos pertenecientes al período Jurásico y tal vez del Triásico, es decir, de toda la Era Mesozoica a la que corresponden los tres períodos citados, completando el estudio con las relaciones que las formaciones del Cretácico tienen con las formaciones de la Era Terciaria y con los fenómenos volcánicos que se han verificado desde principios del período Cretácico hasta el Cuaternario, sin perder de vista la teoría que se acepte al emprender este estudio del origen del petróleo, causas que pueden determinar la transformación de las materias petrólicas, es decir, de aquellas substancias, que bajo ciertas condiciones y bajo la acción de las fuerzas naturales, son susceptibles de transformarse en petróleos y gases hidrocarburados ya sea de base de parafina, ya de asfalto, para poder llegar a conclusiones de alguna utilidad práctica, y poder fundar la teoría de la acumulación del petróleo o de los hidrocarburos en general, en el subsuelo de los terrenos petrolíferos productivos.

Es indudable *a priori*, que los fenómenos generales de la transformación de los materiales o substancias petrólicas en hidrocarburos sólidos y gaseosos deben ser siempre los mismos en todas las regiones del mundo, únicamente los detalles secundarios, tienen que variar no sólo de un lugar a otro, sino también en las diversas fracciones en que se pueda dividir un mismo yacimiento, exactamente como pasa en los yacimientos de substancias metalíferas y carboníferas, la Geología del Petróleo, no puede ser distinta de la Geología General, que se refiere a los yacimientos metalíferos; únicamente en los detalles de la acumulación habrá ciertas diferencias puesto que se trata de líquidos y de gases que obedecen a las leyes de la areohidráulica en mayor grado que los cuerpos sólidos que nos encontramos en los yacimientos que contienen los cuerpos sólidos. En esto pasa exactamente, lo que ha pasado con las diferencias notables que encontraron los químicos, hasta mediados del siglo pasado, entre lo que ellos llamaron Química Mineral y Química Orgánica, que hoy han desaparecido, gracias a que se conocen mejor las propiedades químicas de los cuerpos que hasta hoy reputamos como simples y al mejor empleo y conocimiento de las fuerzas que se hacen intervenir en la producción de los cuerpos compuestos, cuando ponemos en presencia los cuerpos simples de que pueden derivarse en ciertas condiciones determinadas

de antemano, condiciones que en la mayoría de los casos se han descubierto por casualidad en los laboratorios, durante el curso de las experiencias, haciendo intervenir principalmente las variedades de energía que conocemos con los nombres de Calor, Electricidad, Magnetismo, Luz, Fuerzas Catalíticas, Absorción, Capilaridad, etc., etc., que sabemos manejar y hasta cierto punto medir.

En el gran Laboratorio de la Naturaleza las diversas transformaciones de la materia, o mejor dicho, combinaciones de los cuerpos que nosotros reputamos como cuerpos simples, que en casos muy especiales se encuentran al estado nativo, en la superficie o en el subsuelo, se verifican de acuerdo con las leyes generales de la síntesis y del análisis que hemos llegado a conocer de una manera bastante aproximada, por lo general cuando se verifican a la presión atmosférica; pero es indudable que muchas de las variedades de energía que intervienen principalmente en las combinaciones y descomposiciones de los cuerpos que se encuentran en el subsuelo, no entran aún en el cuadro de las fuerzas que nosotros manejamos en nuestros laboratorios, con verdadero conocimiento y que sabemos medir; querer hacer entrar en el cuadro de las reacciones químicas ya estudiadas y admitidas de composición y descomposición que nosotros podemos provocar entre los diversos cuerpos que ponemes en presencia, bajo la influencia de alguna o algunas de las fuerzas cuyo manejo conocemos, a los que se verifican en el interior de la corteza terrestre bajo condiciones muy diversas de presión y medio que las rodea tan diferente, da por resultado el establecimiento de teorías como la del origen anorgánico del petróleo que ha sido iniciado por Mendeleeff y completada y sostenida por un sabio de la talla de Bertholet, que no llegan a satisfacer a los geólogos y en la práctica son superabundantes; aunque experiencias relativamente recientes de laboratorio hayan permitido a Sabatier y Sanderens, en el año de 1902, obtener una mezcla de hidrocarburos líquidos, parecidos a los petróleos de Pensylvania, por la acción catalítica del níquel sobre una mezcla de hidrógeno y acetileno, son un hecho curioso que es posible que se verifique en el subsuelo, cuando se encuentran reunidas todas las circunstancias de la experiencia; pero ante todo podemos decir que la presencia del níquel y sobre todo el níquel metálico, en conexión con los yacimientos de petróleo, es tan rara que hasta hoy no se puede citar un sólo ejemplo; esta experiencia de Sabatier y Sanderens adolece de los mismos defectos de las teorías invocadas por Mendeleeff y Bertholet.

Mucho más racional, aunque también poco probable, es la teoría que fundándose en la asociación, en ciertos criaderos petrolíferos, del azufre, del yeso y de la caliza con el aceite mineral, explica la derivación del petróleo suponiendo que el yeso en presencia de una materia orgánica en descomposición, supongo yo, que bajo la acción directa de la atmósfera, pues de otra manera no es posible, produzca anhídrido carbónico, el sulfato de cal puede descomponerse, dando co-

mo productos finales, carbonato de cal, azufre libre y un hidrocarburo probablemente gaseoso, como pasa en las experiencias del laboratorio, pero sólo admitiendo que estos fenómenos se verificarán a una gran presión, podemos admitir que se obtuvieran hidrocarburos líquidos, pero entonces nos encontramos con la inmensa dificultad de explicar la transformación de una gran parte de la materia orgánica en anhídrido carbónico, para lo cual es necesaria la intervención del oxígeno que sólo se encuentra libre en la atmósfera, para que el conjunto de estas reacciones se verifique, se necesita un grado de mezcla de las diversrs substancias que las pongan en contacto íntimo, que en la Naturaleza no se encuentra, además cierta elevación de temperatura que no es la que pudieran alcanzar esos cuerpos en las condiciones ordinarias de su yacimiento: por otra parte, existen una multitud de experiencias del Laboratorio e industriales para aprovechar el azufre que se pierde en la reverberación de los minerales oxidados, bajo la forma de bióxido de azufre o ácido sulfuroso, carburando este gas por medio de vapores de los productos ligeros de la destilación del petróleo y quemando después esta mezcla en un espacio casi cerrado en donde el acceso del aire atmosférico sea difícil, de este modo se puede obtener la ventaja de aprovechar el azufre obteniéndose al mismo tiempo un desideratum, el que los gases que se escapan de los hornos metalúrgicos se transformen principalmente en agua, bióxido y protóxido de carbón que no producen ningunos perjuicios a la vegetación ni a las construcciones de fierro, de las que se hace gran uso en la mayor parte de los establecimientos metalúrgicos; pero para esto es necesario elevar la temperatura a más de trescientos grados. Por otra parte, es claro que si existe la materia orgánica susceptible de transformarse en hidrocarburos líquidos y gaseosos, por la simple acción del calor, estos cuerpos al estado de gas o de vapores a cierta temperatura y presión, podrán llegar a reunirse encima o debajo de la capa de yeso primitivo, puesto que pueden atravesar la masa del yeso para convertirlo en carbonato de cal y azufre libre, sin que estas reacciones se puedan invocar como las directamente responsables de la transformación en petróleo de los materiales orgánicos que se encuentran a grandes profundidades en el subsuelo, substraídos a la acción del oxígeno del aire y de los microrganismos que son los que provocan la descomposición de las materias orgánicas en la superficie de los terrenos o en el interior a profundidades en la que se hace sentir la acción química del oxígeno del aire, que por lo general no exceden de unos cuantos metros, siempre que haya una circulación subterránea de aguas que acarreen disuelto el oxígeno del aire indispensable para la vida de los microrganismos y al mismo tiempo purificar el medio del exceso de ácido carbónico como producto de la descomposición de las materias orgánicas y la respiración de los organismos vivos.

En el fondo de los mares y de los lagos, se verifican fenómenos físicos, quí-

mico-biológico-mecánicos, semejantes a los que acabo de apuntar, siendo el agua el vehículo de transporte del oxígeno indispensable para la vida de los organismos en plena vida, y al mismo tiempo se apodera del bióxido de carbón de los gases de transformación o putrefacción que se desprenden de las materias muertas de origen orgánico que se van acumulando en el fondo de los receptáculos de agua tanto superficiales como profundos, los gases que en parte se disuelven en el agua, la abandonan en la superficie para continuar el ciclo de las transformaciones y fijaciones de ciertos elementos químicos necesarios para la vida y desarrollo de los seres orgánicos vivos, animales o vejetales, que se encuentran tanto sobre la superficie de la tierra, como en el seno de las aguas y en el aire atmosférico.

Pero tanto el petróleo como la serie de hidrocarburos gaseosos que lo acompañan tienen una densidad inferior a la del agua, y por consiguiente no pueden llegar a reunirse para formar en el fondo de los receptáculos de agua los grandes depósitos que se explotan en los terrenos petrolíferos, sino que son arrastrados a la superficie por el agua en circulación que es indispensable para que se verifiquen los fenómenos de putrefacción o transformación y disipados en la atmósfera si son gaseosos o flotan en la superficie del agua si son líquidos, a medida que se produzca esta clase de fenómenos que no hay duda que se verifican en cierta escala en los pantanos y en los lagos en donde no es raro encontrar natas de substancias grasosas, que se pueden confundir a primera vista con indicaciones de aceite mineral o petróleo, pero un análisis cuidadoso demuestra que realmente son grasas ligeramente modificadas, de las que existen en los tejidos de los vegetales o del cuerpo de los animales que han perecido; en todos estos lugares se observa el desprendimiento continuo del gas de los pantanos CH_4 que es uno de los miembros de la serie $H_n C_{2n+2}$ que se pueden extraer de los petróleos y de los gases que los acompañan, siendo los términas más bajos, de la serie gaseosos a la temperatura y presión ordinaria, los que le siguen líquidos principiando con la Pentana y terminando con la Hexadecana y sólidos la Octodecana hasta llegar a la Pentatriacontana, que corresponden a la serie de parafinas de los petróleos de Pensilvanya, igualmente en la serie de las llamadas olefinas se encuentran hidrocarburos gaseosos, líquidos y sólidos cuya fórmula general es $C_n H_{2n}$ que también se conocen con el nombre de naftenas; la serie del acetileno cuya fórmula química general se puede escribir $C_n H_{2n+2}$ la serie del benzeno o serie aromática $C_n H_{2n+6}$ y otras series cuyas fórmulas son muy complicadas que pueden obtenerse de las grasas, tanto de origen animal como vegetal, y de los petróleos, empleando el calor y algunos reactivos, pero cuya existencia independiente en esas substancias de las que se obtienen en los laboratorios no se ha llegado a aclarar suficientemente.

De todos modos, nos encontramos que las llamadas teorías anorgánicas de

formación del petróleo se pueden clasificar en cuatro grupos: primero el que supone la existencia en las profundidades de la corteza terrestre de hidrocarburos metálicos, que al contacto del agua producirían hidrocarburos de la serie del acetileno, bajo una gran presión y en contacto de rocas o materiales que pudieran condensarlos y transformarlos en petróleos. Esta teoría no es admisible por las siguientes razones: la primera, que es necesario demostrar que existen en el seno de la tierra esos carburos metálicos, cosa que hasta ahora con los conocimientos que tenemos, parece imposible; la segunda razón que hay para desechar esta teoría, es que supone la intervención del agua, después de que se hubieran formado los carburos metálicos, esta agua si proviene de la superficie o de las aguas freáticas, deberá haber llegado hasta ponerse en contacto con el carburo, por medio de grietas que deberían igualmente dar paso hacia la superficie de los gases generados por la descomposición de los reactivos agua y carburos metálicos; si suponemos que son aguas magmáticas, entonces es aún más difícil explicar la formación de los carburos metálicos, pues esas aguas magmáticas lo impedirían; pero aun suponiendo que el agua fuera de origen magmático y se hubiera separado después de que se hubieran formado los carburos metálicos, nos encontramos con dos grandes dificultades: la primera, es que el petróleo no está formado únicamente por compuestos de la serie del acetileno, sino que viene siempre acompañado por miembros de las otras series, por consecuencia lo que se obtendría no sería petróleo: la otra dificultad es que el petróleo se encuentra en grandes cantidades, principalmente en los terrenos de origen sedimentario, en donde el agua ha obrado libremente y en cantidades muy grandes, que hacen imposible la formación, y sobre todo, acumulación de los famosos carburos metálicos que se descomponen inmediatamente al contacto del agua o del vapor de agua, que sería al estado a que se desprendería en el interior de la tierra el agua magmática; y la tercera razón, es que el petróleo viene siempre acompañado de agua salada y ciertas cantidades de azufre, ázoe, fosfuros de hidrógeno y algunos otros cuerpos de menor importancia que ponen en manifiesto que se trata de un cuerpo derivado de substancias de orígen orgánico vegetal o mixto, como lo demuestran igualmente los fósiles que se han encontrado en los terrenos petrolíferos y que acompañan a muchos de los terrenos sedimentarios.

El segundo grupo de teorías, pone en juego las acciones y reacciones de las fuerzas catalíticas o electrolíticas sobre las rocas del terreno que pondrían en libertad en el interior de la tierra hidrógeno y carbón derivados del yeso y de la caliza y del agua de composición o mecánicamente interpuesta entre las partículas de las rocas sedimentarias que se encuentran en los yacimientos petrolíferos: el tercer grupo supone reacciones semejantes provocadas por las fuerzas catalíticas entre los diversos carbonatos hidratados que se encuentran entre los compuestos de las rocas sedimentarias especialmente, los carbonatos de calcio, y por último,

el cuarto grupo indica reacciones entre el hidrógeno y el carbón, cuyo origen no se dá a conocer sino vagamente.

Todas estas teorías están en la actualidad lo suficientemente desacreditadas para que nos metamos a refutarlas, aunque en algunas hay cierta posibilidad de que una parte de las reaciones supuestas, puedan contribuir a la formación del petróleo, pero en cantidades mínimas, lo que hace que no se puedan admitir sino para experiencias sumamente difíciles de verificar en los Laboratorios, que en último resultado, no producen petróleo crudo.

En las teorías que hacen derivar el petróleo de los materiales procedentes de los organismos cuyas partes fosilizadas que se encuentran entre las rocas sedimentarias, se pueden hacer también cuatro grupos: en el primer grupo nos encontramos todas aquellas teorías que hacen derivar el petróleo de las partes volátiles de los mantos delignita principalmente o de los de carbón fósil, que tienen un origen semejante, bajo la influencia del calor y de una gran presión; en el segundo grupo, el origen del petróleo se atribuye a la destilación de las plantas acuáticas, tanto marinas como de los lagos y pantanos que se encuentran enterradas bajo los sedimentos; el tercer grupo comprende las teorías que hacen derivar el petróleo de la destilación en el seno de los estratos de los restos de los animales, comprendiendo a los restos de peces, moluscos, corales, espongiarios, diatormeas etc., etc., y en el cuarto grupo, se encuentran teorías en las que se consideran como el material originario del petróleo las acumulaciones de lodos que contienen en abundancia restos de bacterias y microorganismos.

Del examen de las teorías orgánicas del origen del petróleo, se pueden hacer dos grupos principales, la teoría del origen vegetal que comprende a los dos primeros grupos, y las teorías del origen animal que comprende a los grupos tercero y cuarto; de esto se desprende indudablemente, que tenemos que examinar primero las probabilidades que existen para que el petróleo se pueda derivar de los materiales de origen vegetal que se encuentran en los terrenos sedimentarios y de aquellos de origen animal, cuyas acumulaciones son hipotéticas puesto que sólo se conocen acumulaciones de las partes duras, como las testas, los huesos etc., etc; estos materiales tienen todas las probabilidades de que de ellos se hubiera originado el petróleo que se encuentra entre los estratos de los terrenos sedimentarios de los cuales se obtiene actualmente el petróleo en cantidades comerciales, en los diversos países del mundo que explotan los combustibles hidrocarburos, sólidos, líquidos y gaseosos.

Lo primero que dan a conocer los estudios geológicos de los criaderos petrolíferos, es que el petróleo se encuentra contenido entre los estratos de las rocas sedimentarias que corresponden a épocas muy diversas, correspondientes a todas las Eras, a partir de la Paleozoica hasta la Terciaria; en Pennsylvania y en Kentucky se encuentra en el Devoniano Superior; en el Canadá, en el Devoniano In-

ferior, en Virginia occidental, en el Subcarbonífero; en Ohio, en las Coal-measures, Devoniano Superior (Esquistos Huronianos), y especialmente en el Siluniano Inferior, (Calizas de Trenton); en Colorado se encuentra en el Cretácico, en California, en el Mioceno, del Terciario de la Sierra de la Costa, en todo el trayecto entre los Angeles hasta el Cabo Mendocino; en Europa y en Asia, en varias de las formaciones del Terciario, lo mismo que en México y en la América del Sur; no siendo remoto que se lleguen a descubrir criaderos de petróleo en las formaciones sedimentarias del Arcaico y del Cuaternario.

En la Geología clásica, que hoy podemos clasificar como anticuada, se consideró que en las formaciones sedimentarias de los terrenos que se clasifican como pertenecientes a las diversas subdiviciones del Arcaico, no podían encontrarse huellas de organismos, pues las condiciones atmosféricas y el exceso de calor de la parte sólida de la Tierra eran tales, que no podían permitir la vida a ningún ser organizado; en otros términos, la vida de los seres organizados era imposible, y los primeros geólogos fundadores de la ciencia Geológica llamaron a esta Era, Azoica: los estudios modernos han conducido a los geólogos actuales a admitir que la vida debió haber aparecido sobre nuestro planeta, mucho antes de que se empezaran a depositarse los primeros terrenos sedimentarios de la Era Paleozoica, y esto ha hecho abandonar el nombre de Azoica que se le dió a la primera Era con la que principia la Geología Histórica, substituyéndolo con el de Arcaica, que no prejuzga nada sobre la existencia durante ese enorme período de tiempo, o aparición de los primeros organismos sobre nuestro planeta, lo único que queda en pie es que en los terrenos correspondientes a las subdivisiones del Arcaico, no se han llegado a descubrir restos de organismos, por otra parte muy escasos, que se pueden clasificar, aunque se pueda afirmar que si existía la vida orgánica y en una escala muy amplia, como lo hace sospechar la existencia en los terrenos del Arcaico de Canadá de los grandes yacimientos de óxido de fierro y de grafita, y de otras substancias minerales que se encuentran en cantidades pequeñas en casi todas las rocas de origen plutónico y volcánico, substancias que sólo se llegan a disolver y a concentrar por medio de la acción de las aguas cargadas de materias orgánicas en putrefracción, que operan la reducción de las sales de peróxido a protóxido y como hay un exceso de bióxido de carbón, las convierten en carbonatos; bajo la acción del agua cargada de gas bióxido de cárbon, estas aguas cargadas de substancias minerales que han disuelto, vienen a llenar los vasos de los lagos, pantanos y las grietas de los terrenos en donde se hace por concentración de las sales metálicas los rellenos aprovechables industrialmente que constituyen los criaderos de referencia.

En cuanto a la diversa constitución de la composición de la atmósfera en las Eras Arcaica y Paleozoica comparada con la que actualmente presenta, la gran intensidad del llamado calor central, son un mito, que cae bajo su propio peso

al considerar que desde los tiempos más remotos de la Historia de nuestro planeta, que hemos podido interpretar, existen huellas de la vida de los seres organizados; las condiciones de habitabilidad de la Tierra, deben haber sido muy poco diferentes de las actuales; si se admite esto, que está enteramente de acuerdo con la inmutabilidad de las leyes de la Naturaleza, inmutabilidad que es la base de la Ciencia, nada de extraño sería que en los terrenos que reputamos como pertenecientes a la Era Arcaica, se pudiera encontrar petróleo e hidrocarburos sólidos y gaseosos. En cuanto a que entre las formaciones del Cuaternario tambien es posible que pase algo semejante, nada tiene de extraño, puesto que la vida órganica de los vegetales y animales está funcionando admirablemente, como de seguro ha funcionado desde la Era más remota sobre nuestro planeta.

En 1801, Leopoldo von Buch fué el primero que publicó una Teoría sobre las formaciones de los betunes minerales, al hablar de los terrenos sedimentarios del Jurástico, en la que sostenía el origen animal de dichas substancias en las que estaba comprendido el petróleo, fundándose en el hecho observado y descrito por él, de que en la vecindad de los lugares en donde se encuentra el betún que dió punto de partida a sus elucubraciones, no encontró impresiones o petrifica, ciones de vegetales, ni siquiera de hojas, sino por el contrario, hace notar que sí se encuentran grandes cantidades de conchas fósiles, fundándose en esto, afirma que lo más probable es que el betún deba su origen a una transformación especial de las materias órganicas de origen animal; Serry-Hunt admite la opinión de que el petróleo es indígena en los diversos terrenos en donde se encuentra; según él esta materia, que por lo demás, no tiene uua composición definida, sino que es una mezcla complexa de hidracarburos, como se ha dicho en las páginas anteriores, resultaría de una transformación *sui géneris* de las materias orgánicas vegetales muertas, transformación que se verificará en el seno de las aguas en donde se depositaron, protegidas en la parte superior y en la inferior por estratos de sedimentos de materiales pétreos; esta transformación sería análoga a la que se observa en las hullas grasas, en las que los análisis químicos, muestran la existencia de productos de transformación variando por grados insensibles, de la antracita al petróleo.

Abraham Gesmer en su "Pratical Treatis on Coal and Petroleum," dice que los manantiales petrolíferos se encuentran, por lo general, en la vecindad de las capas de hulla, estas últimas se encuentran diseminadas en los terrenos petrolíferos.

No sigo citando opiniones más o menos antiguas sobre el origen probable del petróleo, pues con variantes, y con excepción de muchos de los geólogos ultra científicos de la Escuela Francesa, que razonan según las reglas de los Escolásticos, sin haber hecho probablemente, estudios sobre el terreno mismo de las explotaciones petroleras; la mayoría de los geólogos prácticos cuya técnica procura

alejarse de los errores que pasan por moneda corriente, de buen cuño, estampados en casi todas las obras clásicas, están acordes en que el petróleo es un conjunto variable de hidrocarburos derivados de las materias orgánicas que se depositan en los estratos de los terrenos sedimentarios; las divergencias se encuentran en que unos, como Engler y Hoffer, entre los modernos, atribuyen a las materias orgánicas animales un papel predominante en la derivación del petróleo; otros atribuyen a las materias de origen vegetal el papel principal; yo por mi parte me coloco entre los partidarios de la transformación de las substancias de origen vegetal que sufren un *metasomatismo petrólico*, metasomatismo análogo al que se verifica y ha sido estudiado para los yacimientos metalíferos, detalladamente en las rocas y en los minerales, pasando a discutir, aunque sea someramente, las razones en que apoyo mi convicción.

En primer lugar, la opinión de Leopoldo von Buch, que es el punto de partida para los sostenedores del origen animal del petróleo, no tiene fundamento sólido, puesto que la ausencia de las impresiones de las huellas de los órganos de los vegetales o de las materias vegetales propiamente dichas, no prueban que no hayan podido existir allí entre los materiales de los estratos antes de que se hubiera formado el petróleo, puesto que según las experiencias de laboratorio más recientes, el petróleo crudo, pudo muy bien derivarse de las transformaciones de las materias vegetales en su totalidad, haciendo desaparecer hasta las huellas primitivas de su presencia como consecuencia de ciertas acciones químicas y mecánicas a que da lugar el aumento de presión y de volumen, al convertirse la materia orgánica en hidrocarburos, líquidos y gaseosos y ciertas reacciones entre las substancias petreas y los hidrocarburos que dan lugar a fenómenos de disolución y transformación química que después detallaré. En cuanto a la presencia en los yacimientos petrolíferos de las conchas fósiles de moluscos a que se refiere en su estudio, no prueba tampoco que el petróleo se haya derivado de la transformación de la parte blanda de los animales a que pertenecieron, a pesar de que las experiencias de Laboratorio, prueben que se puede, partiendo de estas substancias, obtener algo que se parece mucho al petróleo; pero que no es petróleo; pues hasta hoy no sabemos que las partes blandas de los animales se conserven en la parte profunda de la corteza terrestre o en algunos depósitos superficiales, salvo muy raras excepciones que señalaré más lejos; por el contrario, las substancias de origen vegetal si se conservan enterradas entre los estratos más o menos profundos de las formaciones sedimentarias, sufriendo alteraciones o substituciones muy fáciles de determinar, no dejando dudas de ninguna especie sobre el origen vegetal del producto.

Otra de las razones de peso para declararse partidario de las materias vegetales como origen probable del petróleo, es su predominancia en las diversas formaciones geológicas, como las del período Carbonífero en la Era Palozoica y

de los Ligníticos en las Eras Mesozoica y Terciaria y en las formaciones de Turba en el Período Cuaternario y en la actualidad.

Ahora bien, en muchas de las formaciones se ha observado una estrecha conexión entre los yacimientos carboníferos y los petrolíferos, especialmente en aquellas regiones en donde se explota actualmente el petróleo y el carbón al mismo tiempo, como pasa en los Estados Unidos, Rumanía, China, India, Canadá, etc., etc.

Existe además otra razón para declararse partidario del origen vegetal del potróleo, y es la gran abundancia de este combustible en el subsuelo, que hace como veinticinco años se consideraba como excepcional; pero que hoy podemos asegurar que no es muy rara; puesto que sus yacimientos conocidos son mucho más numerosos y abundantes que los de carbón fósil en todas sus variedades, y solo la ignorancia de su existencia, de la manera de emplearlo industrialmente en grandes cantidades y de los medios de explotarlo, nos hacía creer, en su rareza, atribuyendo el origen a la transformación de las substancias blandas de origen animal, cuya existencia es excepcional entre los yacimientos fósiles.

Hoy como consecuencia de las investigaciones para el descubrimiento de los combustibles hidrocarburados que se encuentran en el subsuelo, se señala la existencia del petróleo en casi todos los países del mundo habitado, siendo muy probable, que apenas haya alguna región del globo que carezca de este precioso elemento, ya indispensable, para el progreso y bienestar de la humanidad y para el desarrollo de la industria en general.

Como he dicho antes, las partes blandas de los animales, que son las únicas que se pudieran transformar en hidrocarburos líquidos, etc., como lo indican las experiencias de laboratorio, aunque no de una manera perfecta; se descomponen con una gran rapidez, tanto en la superficie de la tierra como en medio de las aguas, y enterrados a pequeñas profundidades, en compuestos gaseosos que se difunden inmediatamente en la atmósfera; esta transformación se verifica igualmente en el seno de las aguas marinas, salobres y dulces.

Las partes blandas de los animales que perecen en las aguas y las que son arrastradas por ellas a los lagos y a los mares, tienden a separarse de las partes sólidas o esqueléticas, completando su transformación en la superficie en donde los agentes atmosféricos y las bacterias aceleran la descomposición; únicamente las partes grasas que resisten a esa descomposición rápida, y que son las más apropiadas para transformarse en petróleo (?), por razón de su densidad menor que la del agua, flotan en la superficie, sirviendo de alimento a varias especies de animales que las devoran prontamente, no siendo posible que vengan a constituir grandes depósitos o acumulaciones de materias grasas en el subsuelo, para dar origen a las inmensas cantidades del petróleo que se explotan y que se sabe

que existen sin explotar aún, entre los componentes de las formaciones conocidas como terrenos petrolíferos.

Es cierto que, excepcionalmente, se han encontrado los cuerpos congelados de los Mammudes, o de elefas primigenius, en las estepas heladas de Siberia, y en algunos lagos de Escocia, los cuerpos de vacas y de pastores que se encuentran gracias a condiciones muy especiales, conservados entre los mantos de turba; por la circunstancia meramente accidental de haberse enredado cerca del fondo, entre las raíces de las plantas productoras de la turba y a la existencia en esa zona de transformación de la materia orgánica vegetal en descomposición de productos anticépticos al convertirse esas plantas en turba; hay que hacer notar que estas substancias anticépticas al ser absorbidas por los tejidos blandos de los animales los hacen imputrecibles, mientras que el ciclo de las transformaciones de la materia vegetal para llegar a convertirse en turba, no se detiene por la presencia de estas substancias anticépticas; estos hechos son argumentos de peso que se pueden esgrimir en contra de los partidarios del origen animal del petróleo, puesto que encontrándose en las mismas condiciones la materia orgánica animal y la materia orgánica vegetal, la primera sufre pequeñas alteraciones, especialmente las grasas animales que permaecen sin alteración; mientras que la materia orgánica vegetal se transforma en metana y carbón principalmente, dando origen a muchos de los derivados de los hidrocarburos de las diversas series que entran en la composición de los petróleos, aunque no siempre sean idénticos en su composición.

Las materias blandas orgánicas animales, tienen como ya lo dije antes, en condiciones normales, una vez que han cesado en ellas los fenómenos vitales como una de sus principales características, excepto las grasas, la de descomponerse con suma facilidad y rapidez en productos gaseosos, y no dejar en los estratos sino huellas muy imperfectas de las formas que afectaban, cuando formaban parte del animal vivo; por supuesto que se exceptúan las partes fuertemente mineralizadas como el esqueleto de los mamíferos, las testas de los moluscos, etc., etc., o aquellas partes que han sido reemplazadas integralmente por siliza o carbonato de cal, lo que es excepcional.

Las partes duras mineralizadas del cuerpo de los animales, constituyen en su mayor parte los restos fósiles, y éstos aunque conservando su forma original, se encuentran muy alterados en su composición química, la cual es muy a menudo enteramente distinta de la primitiva; igualmente en sus formas se notan alteraciones, así como en sus dimensiones. Hasta cierto punto, pasa lo contrario con los vegetales fósiles sobre los cuales tenemos muchas pruebas de que resisten mucho mejor a las transformaciones rápidas, cuando se encuentran substraídos a la acción directa del aire atmosférico, su transformación es muy len-

ta, siendo los lechos de carbén mineral, lignitas y turbas, las mejores pruebas que puedo invocar en apoyo de lo expuesto.

Es cierto que varias formaciones de esquistos margosos, arcillosos o calizos que se confunden con el nombre de pizarras, en las que abundan las huellas fósiles de peces, distinguiéndose con facilidad en ellos las escamas y los esqueletos; pueden destilarse obteniéndose una especie de betún, que en un caso particular se designa en el comercio con el nombre de Ictiol que se usa en medicina, el cual tiene un olor empireumático especial, para la curación de ciertas enfermedades de la piel; en otros casos y desde épocas bastante remotas se han destilado ciertos esquistos o pizarras bituminosas en donde se encuentran incrustadas las testas de los muluscos, para obtener aceites iluminantes, bajo el nombre de aceite de carbón, que son bastante parecidos a algunos de los petróleos que se obtienen de la destilación y refinación de los petróleos crudos de base asfáltica; sin embargo, estos hechos no demuestran que el petróleo o los betunes se derivan de sólo la materia animal blanda, pues también pudieron encontrarse entre los materiales de la roca restos de vegetales, que han desaparecido al transformarse totalmente en petróleo o substancias petrólicas, que la destilación acaba de transformar en aceite de carbón. Otro de los puntos en que no se han fijado los hacedores de teorías sobre el origen del petróleo, es la cantidad relativamente pequeña de materia orgánica animal que existe o ha existido en los tiempos geológicos pasados, comparada con la cantidad de materia orgánica vegetal, que sabemos, sin el menor género de duda, que se encuentra formando los mantos de carbón, de turba, de lignitas y probablemente también la materia prima de los criaderos petrolíferos presentes y futuros; aun en la actualidad, en que según los datos y presunciones que tenemos, en que la vida animal se ha desarrollado exageradamente sobre la superficie de la Tierra, dando lugar a los temores que Malthus formuló en su famosa ley para la especie humana, respecto a las subsistencias, que hasta la fecha no lleva grandes trazas de cumplirse; podemos afirmar que la producción de la materia orgánica vegetal es 1,500 veces superior a la producción de materias orgánicas animales sobre la superficie del planeta. En el seno de las aguas, así como en su superficie, principalmente en las aguas marinas, existe también una proporción muy grande de materias orgánicas vegetales, respecto a la producción de materias orgánicas animales, probablemente en una proporción mucho mayor que en la apuntada para la superficie de las tierras firmes emergidas; puesto que la alimentación de la gran mayoría de los animales, se hace directamente por medio del consumo de grandes cantidades de materias orgánicas vegetales, con excepción de los animales carnívoros, los cuales siempre están en minoría respecto a los hervívoros, a los que devoran, sirviendo los animales hervívoros a los carnívoros, como un intermedio para el consumo de la materia vegetal.

Hay además que tener en cuenta que las aguas marinas ocupan una superfi-

cie aproximada de las dos terceras partes de la superficie total de nuestro planeta, encontrándose los seres tanto animales como vegetales, distribuídos no sólo en una superficie sino en varios planos a diversas profundidades, que en muchos lugares pueden ocupar zonas verticales que se encuentran distribuídas en varios millares de metros, lo que hace que la densidad de población tanto vegetal como animal se deba calcular tomando como unidad un volúmen y no una superficie como se hace para los seres que viven sobre la superficie de la tierra firme.

Teniendo en cuenta estas últimas consideraciones y los datos paleobotánicos de varias de las formaciones en que se explota el petróleo, se ha establecido una teoría en que se atribuye el origen de los hidrocarburos del petróleo, a una destilación de las plantas marinas, sin sufrir una carbonización previa como los restos vegetales de las turberas, los cuales se encuentran sepultadas en los sedimentos marinos entre los que podemos contar como contribuyendo en una gran proporción a las algas marinas, que en inmensas cantidades se producen en el mar y que son arrojadas en parte, por las acciones mecánicas de las tempestades, antes de que queden sepultadas en el fondo de los mares después de haber sufrido cierto grado de descomposición a varios lugares de las costas en donde se recojen y aprove chan por el hombre o son devoradas por los animales. Esta teoría es una de las que cuenta mayores probabilidades de verificarse en un gran número de los yacimientos petrolíferos de varias partes del mundo, aunque sea en su parte principal, pues las plantas marinas son en varios casos perfectamente comprobados, el origen del material petrólico de donde se derivan los hidrocarburos que entran en la composición de los petróleos crudos, por las grandes acumulaciones de materia sapropílica a que dan origen; entre los sedimentos que se depositan ya sea a lo largo de las costas o en las formaciones más profundas de los mares. Como un complemento de menor importancia de esta teoría, se puede añadir que las plantas acuáticas de los pantanos y de los lagos, de los ríos, de los deltas, etc., etc., deben contribuir con materiales petrólicos, aunque en cantidad mucho menor que las plantas marinas; igualmente no deben excluírse de una manera absoluta, como contribuyentes a estos depósitos de materiales petrólicos, a los materiales que provienen de la vegetación terrestre ni de los restos excrementicios de animales como moluscos, radiados, forminíferos, bacterias y vegetales terrestres.

De los experimentos de los laboratorios que se han hecho sobre la serie de transformaciones que sufren las algas en el seno de las aguas, una vez que han cesado de vivir, se ha comprobado que durante el primer período desprenden una gran cantidad de bióxido de carbón, algo de nitrógeno y muy poca metana, después de este período de rápida transformación, sigue otra muy lenta en que la mayor parte de los desprendimientos gaseosos está constituído por metana o gas de los pantanos, quedando en el residuo una mezcla más y más rica en carbón

a medida que transcurre el tiempo, con hidrocarburos condensados en el cuerpo del carbón.

En la fermentación destructora de la celulosa, la mayor parte de los desprendimientos gaseosos, durante todo el período de descomposición en el seno de las aguas, son de metana, algo de óxido de carbón y poco bióxido de carbón. Hay que estudiar también otro modo de descomposición de los vegetales, en el que intervienen las peptonas tanto de origen vegetal como de origen animal, especialmente estas últimas, pues como es sabido, los animales consumen inmensas cantidades de vegetales para su nutrición, de los cuales por medio de las reacciones de digestión aprovechan una pequeña parte de los componentes, y la mayor parte de las materias vegetales ingeridas es devuelta a la Tierra bajo la forma de excrementos, una cosa igual pasa con los animales carnívoros que no aprovechan en su cuerpo sino una parte de las materias animales que devoran; estos excrementos, representan durante la vida de cualquier animal un peso varias veces mayor que el peso del animal vivo, y por consiguiente una transformación muy importante de las materias orgánicas vegetales que se producen continuamente en el planeta, y que contribuyen a la formación de los mantos de carbón y de substancias petrólicas, si acaso admitimos que debe haber una diferencia notable entre las que se depositan bajo la forma de mantos de carbón y las que son susceptibles de transformarse en petróleos crudos, diferencia que como se desprende de las consideraciones anteriores, yo no admito.

Engler, uno de los mejores campeones del orígen animal del petróleo, en compañía de Höfer, obtuvo destilando materias animales, compuestos hidrocarburados análogos a los que se encuentran en los petróleos naturales; en sus más recientes experimentos sobre los aceites de origen vegetal contenidos en los órganos de las plantas terrestres, como aceite de linaza, de colza, de olivo, etc., etc., ha llegado a obtener por medio de la destilación, todos los hidrocarburos de las series del petróleo y de los betunes minerales. Estos resultados no tienen nada de extraño, puesto que los análisis elementales de las substancias blandas de los animales y aun de las córneas, y el de los análisis de las materias vegetales en su totalidad, presentan muy pocas diferencias; la presencia del ázoe en las materias animales no es característica, como se creyó durante mucho tiempo, la celulosa no es exclusiva, aunque si muy general, del reino vegetal, por consecuencia nada tiene de anormal y prueba muy poco, que en el laboratorio, y aun en grande escala industrial, se haya logrado obtener, partiendo de las substancias orgánicas animales, compuestos de la fórmula general $C_n H_{2n-2}$, que son análogos a algunos de los hidrocarburos que vienen a formar la mezcla de hidocarburos que se encuentran en los petróleos crudos; y que se hayan obtenido resultados muchos más parecidos a los hidrocarburos todos que entran en las mezclas que se conocen

como aceites y betunes minerales, operando la destilación sobre las materias vegetales.

Resulta de lo anterior, que bajo el punto de vista puramente químico, existen las mismas probabilidades, para que el petróleo se pueda derivar tanto de las materias vegetales como de las minerales, ya sea que los seres de que provienen hayan vivido sobre la tierra firme, en la superficie o en el seno de las aguas del mar, de los lagos, ríos, esteros, deltas, etc., etc., o flotando en el aire atmosférico, como igualmente que se puedan obtener los diversos petróleos, betunes y ceras fósiles por síntesis partiendo de los cuerpos simples, como lo han hecho varios de los grandes químicos; pero a pesar de esto, y sin pretender negar que en el gran laboratorio de la naturaleza se puedan verificar todas las reacciones señaladas por los químicos, debemos buscar aquellas que tengan más probabilidades de verificarse en los estratos de las capas geológicas, de los terrenos en que habitualmente se encuentra el petróleo.

En 1909, en mi folleto publicado con el título "*Críticas y Teorías Nuevas sobre el Período Carbonífero*," en la página 11, se lee:

" Las acumulaciones de materiales orgánicos transformados, que nosotros co-
" nocemos con el nombre de mantos carboníferos, nos ponen de manifiesto un in-
" dicio seguro de la actividad de la vida orgánica y en especial de la vegetal, so-
" bre la superficie de las tierras firmes y en el seno de las aguas en todas las
" épocas pasadas, o mejor dicho en todos los tiempos pasados; yo por mi parte
" abrigo sospechas bastante fundadas, de que a la formación de los mantos car-
" boníferos ha contribuído en parte aunque sea pequeña la materia orgánica ani-
" mal; pareciéndome absurdo atribuir la formación de los carbones minerales
" únicamente a los vegetales, y la formación de los aceites y alquitranes mine-
" rales a la materia orgánica animal; porque en último resultado, tanto una co-
" mo la otra presentan en su composición los mismos elementos químicos, aun-
" que el arreglo de los átomos en las moléculas de los cuerpos orgánicos anima-
" les sea un poco distinto del que presentan las moléculas constituyentes de los
" vegetales; es claro *a priori*, que los productos de descomposición o alteración
" pueden ser, en determinados casos análogos y en infinidad de veces iguales,
" tanto cuando provienen de las materias orgánicas animales como cuando pro-
" vienen de las materias vegetales....."

Hoy, con mayor número de datos y conocimientos científicos, me sostengo en todo lo dicho por mí en 1909; dándole a los restos de los vegetales y especialmente marinos, una importancia predominante en la formación de los mantos de carbón mineral, yacimientos de petróleo, alquitranes minerales e hidrocarburos gaseosos que en inmensas cantidades se encuentran encerrados en el subsuelo de los terrenos petrolíferos, lo que además de salvar muchas dificultades y embrollos, se acomodan mejor a la naturaleza de los hechos observados y del fenó-

meno en general, haciendo más fácil y accesible la explicación del fenómeno principal y de sus variantes, dando satisfactoriamente la razón sobre la abundancia del petróleo entre los extractos que se clasifican como los pertenecientes a las diversas eras y períodos geológicos. Existe una curiosa formación de substancias carbonosas que se designa por los mineros ingleses, con el nombre de Boghead y técnicamente con el de Bituminita, que se explota como combustible, y también se somete a la destilación en la fabricación de gas de alumbrado, aprovechándose los productos líquidos condensados que son análogos a los que se obtienen de la destilación de los petróleos crudos; esta materia prima parece ser un paso intermediario entre el asfalto y el betún que impregna a las pizarras bituminosas, encontrándose en capas explotables que varían entre unos 0.10 y un metro de grueso, extendiéndose en superficies que abarcan varios centenares de hectáreas. El origen de la materia orgánica, allí existente, parece ser en su mayor parte vegetal, habiéndose encontrado en gran cantidad carapachos de algas microscópicas esféricas, como Pilla Bibrantesis, Reinschiastralis, Thilax Britannicus, etc , e impresiones de algas ramosas o Cladisco Thallus, que son semejantes a las Chepoplaras actuales, todas estas algas están invadidas por los Micrococus Petroley de la gran familia de las Caccacias.

El Boghead, se explota en Europa en formaciones pertenecientes desde el carbonífero hasta el Permio.

En los años de 1880 a 1888, con motivo de los trabajos que se emprendieron para hacer el saneamiento de la ciudad de México, tuve ocasión de estudiar unas capas arcillosas muy cargadas de materias orgánicas, esas últimas materias han sufrido una serie de transformaciones y dan a las arcillas un color negro o pardo negruzco; la formación de que me vengo ocupando se encuentra en el subsuelo de la ciudad y en varias partes de la cuenca del Valle de México; su origen son los sedimentos relativamente modernos, del casi extinguido Lago de Texcoco, esas arcillas se presentan en lechos delgados, tienen una estructura apizarrada, desprenden un olor bastante *sui géneris*, en el que predomina el del ácido sulfídrico, esas arcillas sumamente plásticas, al cocerse, cambian su color casi negro por el blanco ligeramente agrisado. Si se someten a la destilación, dan gases hidrocarburados y entre los productos condensables, aceites, alquitranes más o menos espesos, amoníaco y parafina, etc., etc.

En ciertos lugares que anteriormente se encontraban siempre cubiertos por las aguas salobres del lago, y que hoy como consecuencia de las obras emprendidas, se encuentran secos, hay grandes depósitos de dicha arcilla.

En este caso es muy sencillo determinar el orígen y el mecanismo del depósito, pues es bien sabido que el vaso del Lago de Texcoco ha servido por varios siglos como receptáculo de las aguas del Valle y de los excrementos de los habitantes de la ciudad de México, siendo además las aguas de este lago muy salo-

bres, conteniendo en disolución una gran cantidad de sesquicarbonato de sodio que llegaba a cristalizar en las orillas del lago y en los terrenos adyacentes que temporalmente en el período anual de las lluvias se inundan quedando en seco en la época de secas, encontrándose igualmente nitratos de cal, de sodio, de potasio y cloruro de sodio; al sesquicarbonato de sodio, lo conocemos con el nombre mexicano de Tequesquite, al cloruro impuro de sodio, con el nombre de sal tierra y a los nitratos alcalinos y alcalino terrosos con el nombre de salitre. Ahora bien, los excrementos a que me he referido están en su mayor parte constituídos por materias orgánicas vegetales, que han sufrido una masticación enérgica y la acción del jugo gástrico de los animales que la emplearon como alimento, esta materia se ha mezclado con las arcillas que se depositaban en el lago, como producto de la descomposición y erosión de las rocas, viniendo a constituir esta mezcla de substancias minerales y orgánicas alteradas que son las arcillas cargadas de materia orgánica que vengo estudiando.

Por otra parte, los sedimentos que se extraen de las atargeas y de los albañales, se encuentra siempre un polvo negro, que proviene de la descomposición o alteración de las substancias orgánicas que han servido de alimento a los animales; este polvo desecado y sometido a la destilación, deja un residuo sólido de carbón, desprendiendo gases combustibles, hidrocarburos líquidos y amoníaco todo este muy semejante a lo que se obtiene en la destilación del Boghead; no siendo improbable que el Boghead, las llamadas pizarras bituminosas y en general, las rocas sedimentarias cargadas de materias carbonosas, se hayan formado de una manera análoga, lo que no excluye la presencia de algas microscópicas, que pueden vivir de las materias orgánicas en descomposición, siendo los excrementos de los animales la principal fuente de material orgánico incorporado a los sedimentos minerales; pero de todos modos, resulta que el origen de las substancias carbonosas es, en casi su totalidad vegetal, puesto que los alimentos de origen animal blandos se disuelven en los jugos gástricos, con excepción de las grasas que se emulsionan y son en en su mayor parte asimiladas y oxidadas lentamente para servir como materia prima en la producción del calor animal, esto último no pasa con las grasas vegetales; en cuanto a las partes muy mineralizadas, como los huesos, son trituradas y se conservan bajo la forma de coprolitos despojados de los restos orgánicos blandos.

CAPITULO IV.

Fuerzas que intervienen en el depósito de los materiales orgánicos para su acumulación y transformación en petróleo

En el capítulo anterior he discutido, en lo general, la posibilidad de que sean los materiales orgánicos vegetales principalmente, las que por un fenómeno de metasomatismo se transforman en hidrocarburos petrólicos, bajo la denominación de origen de las formaciones petrolíferas, sin haber tocado realmente al origen del petróleo, acomodándome a una especie de convención tácita de todos los autores que tratan esta cuestión bajo el punto de vista de la geología, pues los únicos que se han acercado en sus teorías al verdadero origen del petróleo, son los que han concebido las teorías químicas, aunque no se han llegado a descartar de introducir en sus reacciones algunos de los cuerpos compuestos, carburos, acetilenuros, bióxido de carbón, agua, metales, etc., que en concepto de ellos deben existir entre los materiales que se encuentran en la corteza terrestre; siendo indudable que la formación de los hidrocarburos se debe a la unión del carbón y del hidrógeno puestos en presencia, bajo ciertas condiciones, interviniendo las fuerzas naturales que son capaces de provocar las reacciones para que resulten los compuestos hidrocarburados, cuya mezcla constituyen los petróleos crudos que se conocen actualmente.

Para dar una teoría fundada sobre el origen del petróleo, no sólo se debe atender a las reacciones que los químicos verifican ordinariamente en sus laboratorios, poniendo en presencia diversos cuerpos, muchos de los cuales no existen entre los cuerpos nativos o compuestos en la Naturaleza, o si existen no se encuentran puros, sometiéndolos a la acción de las fuerzas conocidas, que ellos saben emplear y medir, sino que hay que profundizar aún más las causas de las diversas transformaciones de los elementos, que en el estado actual de adelanto de la ciencia consideramos como cuerpos simples; el misterio de la vida permanece envuelto en la obscuridad más profunda, a pesar de todos los resultados sorprendentes que los químicos modernos han obtenido en sus experiencias de síntesis, por medio de las cuales han llegado a obtener muchos de los compuestos que parecían producto exclusivo de los cuerpos vivos vegetales o animales, en los cuales obran otras fuerzas distintas de las que los sabios disponen en los laboratorios y emplean en sus experiencias; esto quiere decir que no son enteramente comparables los productos naturales con los artificiales y, por consecuencia, las

deducciones que se hacen equiparándolas por completo, para desarrollar una teoría geológica, es una falta de sindéresis que peca contra los principios de la lógica; estas consideraciones explican la diversidad de opiniones sobre el origen probable del petróleo, las opiniones emitidas hasta hoy, son en varios puntos contradictorias, sólo se sostienen bajo la autoridad científica de sus autores, que es de mucho peso para los que no tienen los tamaños para investigar la materia por sí mismos y aceptan sin escrúpulo la del sabio a quien más se inclinan sus simpatías. Antes de abordar una cuestión tan difícil como es el mecanismo por medio del cual la materia orgánica muerta (?) se ha llegado a transformar en hidrocarburos sólidos, líquidos y gaseosos de las series del petróleo, después que ha permanecido durante un período más o menos largo de tiempo depositada entre los estratos sedimentarios, bajo la forma de carbón fósil o de rocas fuertemente impregnadas de substancias carbonosas, explicando al mismo tiempo el por qué de que en un mismo yacimiento no se encuentra la totalidad del material carbonoso fósil transformado en hidrocarburos petrolícos, sino que en alguuas partes haya escapado completamente a esta transformación, como pasa en Bakú, Rusia; en varios de los campos petrolíferos de Rumanía; en California y en Texas, Estados Unidos del Norte, y en los yacimientos de Chihuahua, Coahuila, Veracruz, San Luis Potosí, Puebla, Oaxaca, etc., de la República Mexicana, y en otras partes haya desaparecido por completo, al grado que ha hecho creer a algunos geólogos que el petróleo es un componente primitivo de las rocas que lo contienen, con el mismo título que el carbonato de cal, la siliza, los feldespatos, etc., etc., y no un producto de metamorfismo o metasomatismo de las materias de origen orgánico; me veo obligado a estudiar primero la acumulación en los estratos de las materias orgánicas de origen vegetal, para tratar en seguida del conjunto de las transformaciones que sufren para convertirse en productos petrólicos, en el seno de los estratos de las rocas sedimentarias, para lo cual me voy a permitir copiar lo que en 1909 publiqué en mi trabajo titulado: "Críticas y Teorías Nuevas sobre el Período Carbonífero," págs. 12 a 19, aunque ligeramente modificado en su redacción para corregir algunos errores.

" Se supone y admite generalmente que el carbón mineral (?) se ha formado
" a expensas de la materia orgánica vegetal únicamente, por un procedimiento
" análogo al que emplea la Naturaleza en la actualidad para formar la turba en
" las turberas, con la diferencia de que el carbón que hoy encontramos en los man-
" tos carboníferos ha sufrido además, una gran compresión y una fermentación (?)
" muy lenta que ha durado muchos siglos, que producirían en la substancia
" carbonosa primitiva, como en los vinos, un mejoramiento en su calidad, hacien-
" do desaparecer las materias volátiles y bituminosas en una proporción directa
" con su antigüedad, y lo que para mí es extraordinario, haciendo disminuir tam-
" bién la cantidad de cenizas tan considerable que contienen las turbas modernas,

" como consecuencia fácilmente explicable en la fase de su acumulación, a tal gra-
" do, que las hullas apenas acusan una proporción casi igual a las cenizas conteni-
" das en el carbón vegetal de buena clase, un 2 a 4 por ciento, mientras que las tur-
" bas contienen hasta un 48 por ciento de cenizas. Ahora yo pregunto: ¿Cómo es
" posible que hayan existido los inmensos lagos o ciénegas en donde se depositaron
" y acaso crecieron los vegetales que dizque han contribuído exclusivamente a la
" formación de los mantos de carbón, si las tierras emergidas en este período Car-
" bonífero fueron tan bajas y escasas, como lo afirma la Geología Histórica?

" Estos lagos hipotéticos debieron encontrarse circundados, por lo menos, de
" algunas tierras más altas que sus lechos, siendo estas tierras altas las que ven-
" drían a constituir la cuenca de alimentación del lago o de los lagos, tanto de
" agua como de materiales orgánicos muertos carbonosos, siendo muy probable
" que en esas tierras hubiera ríos que iban a desaguar en esos enormes y profun-
" dos lagos, y no se comprende que haya sido de otra manera, en vista de la ex-
" tensión ocupada por los yacimientos de los terrenos carboníferos que actual-
" mente conocemos, deducido de la extensión y grueso de las diversas capas sedi-
" mentarias, areniscas, arcillas, calizas, etc., etc., que vienen a constituir el nota-
" ble conjunto de las llamadas formaciones del período Carbonífero, lo que hace
" aún más necesaria la existencia de grandes extensiones de tierras firmes, altas,
" en donde se pudiera desarrollar la vegetación, no acuática, que contribuyó con
" su material a la formación de los lechos de carbón.

" Concretándome al área atribuída por Rogers, como ocupada primitivamen-
" te por las formaciones de Pittsburgo, resulta que el lago carbonífero hipotético,
" para sólo esa Región, debió ocupar, cuando menos, una superficie de 90,000 mi-
" llas cuadradas, teniendo en cuenta sólo la actual superficie ocupada por las for-
" maciones bien conocidas y determinadas que realmente pertenecieron a esta
" cuenca.

" Si consideramos la superficie ocupada actualmente por todos los terrenos cla-
" sificados, como pertenecientes al período Carbonífero de los Estados Unidos del
" Norte, los cuales representan una superficie de 210,000 millas cuadradas, com-
" parando esta superficie con la superficie total que presenta esta inmensa Repú-
" blica que es de 3.603,884 millas cuadradas, resulta que la relación en que se en-
" cuentran los terrenos del período Carbonífero de los Estados Unidos del Nor-
" te, comparado con los terrenos de todos los períodos pertenecientes a todas las
" eras conocidas, es aproximadamente de 1:17; esta comparación la hago para
" poner de manifiesto la falsedad del postulado de que durante el período Carbo-
" nífero las tierras firmes eran de pequeña extensión y sólo existían los inmen-
" sos lagos de esa época, apenas separados de las aguas de los Océanos; pues resulta
" que en la actualidad, siendo como son los Estados Unidos, principalmente en
" los estados del Norte, un país muy rico en lagos, la proporción de la superficie

" ocupada por los lagos, comparada con la superficie total que ofrece en la actua-
" lidad este país, es mucho mayor que la relación 1:17, que sacamos para los fan-
" tásticos lagos del período Carbonífero, que según las teorías a que me refiero
" debieron existir, y esto sin tener en cuenta las grandes porciones de estas for-
" maciones que la erosión, indudablemente, han hecho desaparecer, sin que que-
" den vestigios de ellas.

" Si tomamos como base, para continuar el estudio, las cuencas carboníferas
" de Bélgica, las de Inglaterra, las de Alemania y la parte Norte de Francia, u
" otras cualquiera de las más importantes, nos convencemos de que la existencia
" de esos enormes y profundos lagos hipotéticos, traen aparejada forzosamente, la
" necesidad de la existencia correlativa, de grandísimas extensiones de tierra fir-
" me, mayores de las que ofrecen actualmente esos países, para asegurar la existen-
" cia de los lagos, protegiéndolos contra las invasiones de las aguas marinas.

" Si comprendemos en el estudio todos los yacimientos carboníferos del Glo-
" bo, sacamos la conclusión, de que esas tierras firmes, si existieron, deberían ocu-
" par una superficie diez veces mucho más grande que todos los continentes e is-
" las actuales, lo que es un absurdo, puesto que las tierras firmes de nuestro pla-
" neta en la actualidad apenas ocupan la tercera parte de la superficie total, es-
" tando las dos terceras partes restantes cubiertas por las aguas marinas, relación
" que debe haber existido en todas las eras Geológicas, puesto que la masa del
" planeta no debe haber variado, ni tampoco la proporción de materias sólidas
" respecto a las líquidas.

" Esas tierras firmes, debieron estar cruzadas por grandes cadenas de monta-
" ñas, comparables con las que actualmente observamos sobre los continentes y
" las islas, pues estas montañas son necesarias para que la precipitación y descen-
" so de las aguas pluviales se hicieran en condiciones de provocar la erosión y
" transporte de los materiales sedimentarios lacustres que se han llegado a deter-
" minar como pertenecientes a varios de los estratos del carbonífero, y para que
" esos inmensos lagos estuvieran constantemente abastecidos de la suficiente can-
" tidad de agua dulce, contrarrestando la acción de la evaporación superficial, que
" hiciera posible en ellos la existencia de la rica vegetación acuática o semiacuá-
" tica que se dice dió orígen al material carbonoso y sin que hubiera el peligro de
" que la enorme (?) evaporación, que según las condiciones climatológicas supues-
" tas, reinantes en ese período, debió verificarse en dichos lagos, dejara a las plan-
" tas acuáticas sin agua, en alguna de las épocas del año cuando menos.

" Existe otra dificultad en la que es seguro que no han parado mientes los
" autores de la hipótesis, de que la formación y depósito de los mantos de carbón
" se hicieron en condiciones análogas a la formación actual de la turba en las
" turberas, y es que la turba actualmente, sólo se forma en los países de clima frío,
" y allí en donde el agua de los lagos y ciénegas es pura, clara y tranquila, pero

" como las plantas o vegetales fósiles principales que se conocen y ha sido posible
" clasificar, que se encuentran en las formaciones del Carbonífero Superior, plan-
" tas de las que se supone, sin otro fundamento que el encontrarse en relación
" con los mantos de carbón, que fueron iguales a las que suminstraron todo el
" material carbonoso; son plantas propias de las regiones tropicales y no preci-
" samente lacustres sino terrestres; siendo la interpretación errónea de este hecho,
" una de las principales razones dadas por los antiguos geólogos, para afirmar que
" el clima de la Tierra toda en este período, fué tropical y uniforme, puesto
" que según ellos, las mismas especies de vegetales al estado fósil se encuentran
" en todas las formaciones del Carbonífero Superior en todas partes del mundo,
" lo que aparentemente es un hecho comprobado.

" De las consideraciones anteriores, y sobre todo la última, se deduce o por
" lo menos yo saco la consecuencia, de que no se pudo haber formado la famosa
" turba, durante el período Carbonífero, puesto que no es posible admitir la
" uniformidad de clima tropical en todas las zonas terrestres, y por consecuencia,
" tenemos que acudir a otra teoría más racional, como es la de la diversidad
" de climas en las diversas partes del planeta, durante el período Carbonífero
" semejante a la que observamos actualmente, para poder dar una explicación
" más plausible de los fenómenos de formación y acumulación del carbón.

" Otra objeción de bastante peso, es que las plantas que por lo común si no
" exclusivamente, contribuyen actualmente a la formación de la turba, son plan-
" tas inferiores en su organización como Helechos Arborescentes, Equicetacias,
" Lepidodembros, Calamites, etc., que entre las plantas fósiles encontradas en
" los yacimientos, que se ha logrado clasificar, constituyen principalmente la
" Flora Carbonífera y las mono y dicotiledóneas en los demás períodos del Ter-
" ciario en que se han depositado los lechos de carbón que se designan con el
" nombre de Lignitas.

" Sentados estos antecedentes, y teniendo en cuenta las objeciones hechas a
" las teorías actualmente admitidas referentes al período Carbonífero, se saca por
" consecuencia inmediata, que el mecanismo de la acumulación del carbón en
" los mantos, ha tenido que ser por fuerza distinto del que se le atribuye.

" No cabe la menor duda respecto a la transformación de la materia orgánica,
" sobre todo la vegetal muerta, sólo puede cambiarse, o mejor dicho, transfor-
" marse en material carbonoso y sus demás derivados: turba, lignita, carbón,
" gas de los pantanos, óxido y bióxido de carbón, substancias amoniacales y
" derivados de las series grasas y aromáticas, etc., substrayéndose a la acción directa
" del oxígeno del aire, sufriendo por consecuencia, una oxidación incompleta, lenta,
" que hace posible la separación y conservación de una buena parte del carbón
" contenidos en los materiales que forman los tejidos del cuerpo de los vegetales
" principalmente, contrariamente a lo que pasa cuando la materia orgánica

" muerta sometida directamente a la acción de los agentes químicos y biológicos
" contenidos en la atmósfera, sufre las diversas transformaciones que se conocen
" bajo el nombre de Putrefacción, cuyo resultado final es hacer desaparecer la
" mayor parte del carbón bajo la forma de bióxido que se difunde en la atmós-
" fera, el cual es aprovechado para el desarrollo de la vida vegetal, pasando una
" cosa semejante con el humos que queda como residuo sólido sobre el terreno,
" en donde se encuentra una parte mínima del carbón contenido en la materia
" orgánica primitiva.

" Así es que toda la materia orgánica muerta que llega a substraerse de la
" acción directa del aire, ya sea por haberse sepultado entre los sedimentos bajo
" la forma de lodos, ya por haberse depositado en el fondo de los lagos, ciéne-
" gas, pantanos, charcos de agua infecta, desembocaduras de los ríos, y por
" último, en el fondo de los mares; se transforma en materiales carbonosos fijos,
" que son el material principal para la acumulación en los mantos de carbón,
" y en compuestos derivados gaseosos que van a dar a la atmósfera; siendo más
" que probable que también se formen compuestos bituminosos que en parte im-
" pregnan a los carbones que arden con larga llama, y en parte se separan y de-
" positan o acumulan en los estratos de materiales pétreos que presentan cierta
" porosidad, en condiciones que hasta hoy no han llegado a estudiarse de una
" manera satisfactoria.

" Como ejemplo de este proceso de carbonización de la materia orgánica
" muerta vegetal, bastante bien estudiado, tenemos en primer lugar, los depósi-
" tos de las turberas, que se puede decir se forman casi a nuestra vista; en se-
" gundo lugar, los depósitos de materiales turbosos y maderas acarreadas, más o
" menos carbonizadas que se encuentran en el fondo de los lechos de los ríos y
" de los pantanos formados por los grandes ríos, pero con especialidad en sus
" deltas y desembocaduras, en donde encontramos capas alternativas de materias
" carbonosas que provienen de la alteración de los troncos, ramas, hojas y fru-
" tos de árboles, arbustos y yerbas de los monocotileidonos y dicotileidonos en
" su mayoría, que han sido acarreados por las corrientes de agua superficiales, y
" capas de sedimentos; estas materias carbonosas no son en realidad, una
" verdadera turba, se acercan mucho más a las lignitas, difiriendo de éstas por
" la gran cantidad de cenizas que dejan después de arder al aire; esta gran can-
" tidad de cenizas que dejan es debida a las muchas impurezas de origen mine-
" ral, que la corriente arrastra continuamente y que se depositan junto con los
" materiales orgánicos en todos los lugares en donde encuentra la corriente
" del río obstáculo a su libre marcha, que se disuelven en parte e impregnan al
" material poroso y absorbente, como son las materias orgánicas que se van
" transformando en carbón; por consecuencia debemos admitir sin ningún géne-
" ro de duda, que la transformación de las materias orgánicas muertas en subs-

" tancias carbonosas, se verifican en todos los lugares de la Tierra, en los que se " encuentran cumplidas las condiciones que dejamos apuntadas.

" Una vez admitido todo lo anterior; fácil es venir a dar con una teoría mu- " cho más amplia, que la que hoy se acepta, la cual dé una idea mejor fun- " dada para explicar las acumulaciones en los mantos de material carbonoso, " *litrantax o carbo maris* de los antiguos; este último nombre es demasiado cu- " rioso, pues quiere decir carbón marino: eran los antiguos más perspicaces que " nuestros sabios modernos, o fue únicamente una idea errónea y mal fundada, " lo que los condujo a dar al combustible, que hoy arbitrariamente llamamos " combustible mineral, el calificativo de marino, pronto lo vamos a ver.

" Tenemos que las formaciones entre las que se encuentran los mantos o le- " chos de carbón, sean éstos o no costeables, son siempre formaciones sedimen- " tarias, así es que parece muy extraño, no se les haya aplicado realmente, en la " parte que se refiere al manto del carbón propiamente dicho, las reglas generales " y racionales que se aplican a todas las formaciones sedimentarias, sino que se " recurra, para explicar la acumulación, a las analogías que pudiera presentar, " que en realidad no presenta, el manto de carbón con las particularidades del " depósito de la turba en las tuberas actuales, que ocupan extensiones superfi- " ciales muy restringidas y son un fenómeno muy secundario; analogías que, en " mi concepto, no existen, como procuraré poner de manifiesto en el curso de " este trabajo.

" En la acumulación de la turba en las turberas actuales, no hay transporte " o acarreo, ni escogimiento de materiales, ni depósito en capas de grueso uni- " forme y horizontales; la acumulación se hace en el fondo de la turbera, según " la densidad más o menos grande de la vegetación acuática de la superficie del " agua que las cubre, acomodándose a las irregularidades que encuentra en el " terreno; las acumulaciones no se hacen en todos los años de la misma manera " en los mismos lugares, sino que también dependen de las perturbaciones at- " mosféricas que influyen en la marcha y desarrollo de la vegetación; con la " turba se depositan también los polvos minerales que son interceptados por las " partes aéreas de los vegetales, lo mismo que los restos de los animales que vi- " ven en el agua de los lagos o pantanos, no siendo raro encontrar entre la tur- " ba los cuerpos enteros de mamíferos terrestres de diversas especies y aun de " hombres que conservan gran parte de sus vestidos, que llevaban cuando pare- " cieron; esta conservación se atribuye a que se han impregnado de los produc- " tos antisépticos que se forman, en cantidad relativamente pequeña al trans- " formarse las substancias vegetales muertas en turba. Este hecho curioso, es " un nuevo argumento, para poner en duda y aun desechar la idea de que los " materiales orgánicos muertos que provienen del cuerpo de los animales, que " eventualmente escapan a la putrefacción, aunque colocados en las mismas con-

" diciones en que los materiales de procedencia vegetal que sufren los fenóme-
" nos de carbonización, escapan a esta transformación.

" En los mantos de carbón es notable la uniformidad en el grueso de las
" capas y la intercalación de las pizarras o hueso, como se le llama comunmen-
" te, que vienen a constituir las impurezas en los mantos compuestos, las cuales
" se separan industrialmente por medio de los aparatos lavadores. En las turbe-
" ras la distribución de las impurezas es muy irregular; esto unido a que en las
" formaciones carboníferas, los fósiles más comunes que se encuentran de origen
" animal, son los marinos, aunque también se encuentran los lacustres y algu-
" nos terrestres vertebrados e invertebrados, siendo los marinos los más abun-
" dantes, muchos de estos últimos invertebrados marinos, se consideran con mu-
" cha razón, característicos, viniendo en seguida los que hayan vivido en las
" aguas salobres, fluviales y otros que son muy abundantes que pertenecen al
" reino vegetal, particularmente los que corresponden a la flora fósil del Carboní-
" fero o a las floras de los diversos períodos lignitíferos.

" Esta mezcolanza de fósiles marinos, fluviátiles, lacustres y terrestres, vienen
" a complicar aparentemente la cuestión; y los geólogos, siguiendo el camino tra-
" zado por Cuvier, acuden para explicarla; al concurso aparatoso de los cataclis-
" mos, atribuyendo a la corteza terrestre movimientos en el sentido vertical
" sumamente amplios y frecuentes, que harían que las inmensas áreas ocupadas
" por los ficticios lagos carboníferos, se colocaran con mucha rapidez a niveles
" muy distintos, pues durante la formación y acumulación de un manto de car-
" bón, se encontrarían a un nivel superior al del mar, puesto que según sus su-
" posiciones el lecho del manto sería el fondo de una turbera; si inmediatamente
" sobre el manto de carbón existe una capa de caliza marina, hay que figurarnos,
" o más bien admitir, conforme a la teoría que vengo rebatiendo, que la superfi-
" cie de ese manto de carbón o sea el fondo de la turbera, se colocó por un hun-
" dimiento brusco, a un nivel inferior, al nivel del mar, a una profundidad de
" 1,000 a 4,000 metros, y más si es preciso, para poder explicar la presencia
" de los fósiles marinos; si encima de la caliza marina, nos encontramos otro man-
" to de caliza lacustre, debió verificarse un levantamiento para que el terreno
" pudiera ser el fondo de un lago, y así sucesivamente; estas oscilaciones conti-
" nuas y repetidas tantas veces cuantas sean las series distintas de las capas se-
" dimentarias, que contengan fósiles, ya terrestres, ya marinos, ya lacustres o
" fluviales, etc., que según lo que se ha admitido hasta ahora, se han depositado
" sobre grandes áreas de terreno, tan extensas como debieron ser las áreas ocupa-
" das por los famosos lagos carboníferos; resulta sumamente extraño que estos
" estupendos cambios de nivel se verificaran sin que el paralelismo y la horizon-
" talidad de las capas sufrieran lo más mínimo; esto es casi imposible, usando de
" la palabra casi, para conceder algo a los maestros; pues sólo la buena voluntad

" de los geólogos modernos puede conformarse con vicios de raciocinio tan estu-
" pendos, buenos para salir del paso en una conferencia dada a personas legas,
" como son la mayoría de los estudiantes que asisten a los cursos académicos y
" que la inercia de los que se ocupan de esta clase de estudios propagan, dejando
" pasar estos errores desapercibidos, según la frase gráfica de los jurisperitos, en
" *autoridad de cosa juzgada;* pero que a pesar de todo, tanto en su aplicación
" a los principios de las ciencias morales, matemáticas y naturales, constituye un
" desacato y un atentado, no debiéndose admitir nada en *autoridad de cosa*
" *juzgada,* sobre todo en cuestiones científicas, pues su empleo sin restricciones,
" trasmuta la ciencia en charlatanería.

" Extraña mucho al que esto escribe, que todos los autores de Geología, y
" digo todos, pues se copian unos a otros, sin estudiar las cuestiones a fondo
" ocupándose únicamente en añadir en la obra de alguno de los antecesores, un
" número cada día más alarmante de datos inconexos que corresponden a cada
" uno de los períodos en que dividen la Historia de la Tierra; me extraña, como
" dije al principio de este párrafo, que habiendo admitido los autores a que alu-
" do, que todas las formaciones que corresponden a los estratos del Carbonífero
" Inferior, es un conjunto de capas sedimentarias concordantes de origen marino
" y delgadas capas de carbón mineral, sin poner en duda la formación marina de
" todas esas capas o estratos, pues no se toman el trabajo de señalar una sola
" que sea una excepción, no nos expliquen el por qué de esta particularidad, que
" contrasta con los cambios frecuentes de la naturaleza del medio acuático en
" que se depositaron los estratos que atribuyen al Carbonífero Superior; si no se
" verificaron ningunas oscilaciones o cambios de nivel en las formaciones del
" Carbonífero Inferior, durante el proceso de su depósito. ¿Cómo explicarían la
" formación y el depósito de los mantos delgados de carbón, que allí se encuen-
" tran intercalados y sobre los cuales se conoce tan poco, sin duda por no ser
" conteables?..... Al fenómeno general de la erosión y del transporte de los
" sedimentos, que se ejerce sobre toda la superficie terrestre, y en muchos luga-
" res subterráneamente, es al único a que debemos acudir para explicar el depó-
" sito y formación de las capas sedimentarias estratificadas conocidas como
" mantos de carbón, con tanta más razón, cuanto que realmente se trata de sedi-
" mentos estratificados en capas paralelas de grueso considerable, ocupando unas
" superficies tan grandes, como las que se encuentran en las formaciones carbo-
" níferas de los Estados Unidos del Norte, que no son exclusivas del territorio
" de nuestros vecinos del norte, sino que se encuentran en muchos países del
" Globo, estas grandes extensiones ocupadas por las formaciones pertenecientes
" al período Carbonífero de la era Paleozoica y las formaciones que contienen
" lignitas correspondientes a los períodos Mesozóico y Terciario, nos obliga a acu-
" dir a la hipótesis de que el depósito de los sedimentos que las integran, se hizo

" en el seno de las aguas tranquilas, no del fondo de los lagos, sino en el fondo de " los Océanos; de esta manera queda salvada la dificultad de concebir la existen- " cia de esos inmensos lagos del período Carbonífero y de los períodos ligníticos " que indudablemente no existieron, salvando también la dificultad de explicar " el grueso total de todos los estratos que se clasifican como pertenecientes a di- " chos períodos."

" Queda por resolver la manera de cómo la materia orgánica, carbonizada o " no, pudo ser colectada, transportada y depositada para llegar a formar los " mantos tan poderosos que con tanta frecuencia se encuentran en las explota- " ciones carboníferas de los terrenos que se consideran como pertenecientes al " Carbonífero Superior, y los mantos o capas delgadas de carbón mineral que " son comunes a las dos divisiones del período Carbonífero; para resolver esta " cuestión, no hay más que considerar lo que les habrá pasado y les seguirá pa- " sando a los mantos de carbón, que la erosión y el transporte han hecho ya " desaparecer y continuarán removiendo de las formaciones carboníferas primi- " tivas, que se encuentran fuera del seno de las aguas: es indudable que este car- " bón pulverizado es arrastrado por las aguas corrientes hasta el mar, en donde " gracias a su menor peso específico, comparado con el peso específico de los se- " dimentos que provienen de las substancias pétreas, será arrastrado a muy " grandes distancias de las costas, principalmente por las corrientes marinas y " submarinas, irán ganando el fondo del océano muy poco a poco, mientras que " los sedimentos de origen mineral, se depositarán mucho más aprisa, lográndo- " se que el carbón desembarazado de las impurezas minerales, que haya podido " tener en el manto primitivo de que provenía, como consecuencia del lavado " que sufre en el agua del mar, que tiene cierto poder disolvente para las subs- " tancias minerales, se pueda depositar de nuevo en mantos poderosos, en un " estado de pureza superior.

"Como las corrientes marinas y submarinas se encuentran circunscritas, a " determinadas regiones generales en los océanos, que en realidad varían entre " ciertos límites, como puede verse por el resultado de los estudios emprendidos " por la Comisión de Costas de los Estados Unidos del Norte, principalmente " sobre la famosa corriente del Golfo, que es indudablemente una de las que más " contribuyen actualmente en la formación de los depósitos carboníferos de los " continentes futuros e islas que surjan del Atlántico, como en los tiempos pasa- " dos la corriente ecuatorial y sus derivaciones fueron, sin ningún género de du- " da, las que hicieron el trabajo mecánico y de purificación química de las for- " maciones atribuídas al período Carbonífero.

" Los límites y las direcciones principales de las corrientes marinas depen- " den principalmente, de la configuración de las costas y del fondo de los mares, " que en realidad varían lenta pero constantemente, de los cambios de tempera-

" tura por las Estaciones, influencia de los vientos, etc., etc., en pocas palabras
" están sujetas a las influencias de las variaciones que producen en la Tierra y
" todos sus habitantes, las cantidades variables de fuerza radiante que nuestro
" planeta intercepta del Sol todos los días y que pueden ser transformados por
" los diversos cuerpos terrestres en fuerzas Telúricas, algunas de las cuales sólo
" conocemos por sus efectos, mientras que otras muchas nos son todavía desco-
" nocidas por completo, pero de seguro con el tiempo, se irán estudiando, com-
" pletando el número de los agentes y fuerzas que realmente contribuyen al
" desarrollo de los fenómenos que designamos ahora con los calificalivos de geo-
" lógicos y biológicos que parecen tener, en realidad el mismo origen, combina-
" ciones de la materia y de la fuerza, tanto una como la otra en apariencia pro-
" vienen del centro del sistema planetario, el Sol.

" De lo anterior se deduce, sin gran esfuerzo, que la distribución de los cria-
" deros carboníferos estarán sujetos a leyes semejantes a las que hayan regido a
" las corrientes marinas que circulaban por los mares, en la época en que los
" continentes actuales todavía no surgían del fondo de los Océanos, y por con-
" secuencia, no interceptaban la marcha de esas corrientes, que se ocupaban, co-
" mo lo vemos hoy en día, principalmente en transportar los sedimentos de toda
" especie que la erosión les suministra, erosión que se verificaba en las tieras fir-
" mes de aquellos tiempos, continentes e islas, cuya distribución y superficies
" debieron naturalmente ser muy diversa a la que nosotros conocemos actualmente.

" Cuando acudimos a la intervención de las grandes corrientes marinas para
" el acarreo y a los fondos profundos del mar, como lugares apropiados para el
" depósito de las formaciones carboníferas, las objeciones principales que he he-
" cho a las teorías admitidas desaparecen, pues entonces la región tributaria de
" materias carbonosas o susceptibles de transformarse en carbón o de sedimentos
" de cualquier origen, no es solamente la materia que pueda producir o suminis-
" trar una cuenca hidrográfica terrestre o la raquítica vegetación acuática o se-
" miacuática de los pantanos, ciénegas y lagos de agua dulce; no es tampoco en
" lo que se refiere al material carbonoso, al aumento paulatino de la sola acu-
" mulación de troncos de árboles acarreados por los ríos caudalosos, que deposi-
" tan en parte muy pequeña esta clase de materiales en su desembocadura,
" pero con más frecuencia en sus deltas; sino que es toda la vegetación de los
" continentes y de las islas, por lo menos; puesto que no hago caso de la vegeta-
" ción marina que debe ser mucho más abundante que la terrestre, a pesar de
" que muchos afirman que no puede extenderse a una profundidad superior a
" 200 brazas, cosa que pongo en duda, puesto que todos reconocemos que es en
" los mares en donde se encuentra una variedad y actividad de vida orgánica,
" mucho más intensa que sobre la tierra firme; esta grandísima actividad de vi-
" da debe estar aparejada con la producción en grande escala de materiales or-

" gánicos muertos que contribuyen a la formación de esas capas colosales de ma-
" teria orgánica carbonizada que se encuentran en los terrenos carboníferos que
" es casi seguro no tardan mucho tiempo en formarse y completarse, como lo
" prueba la potencia de los mantos y el estado de pureza que presenta el carbón
" que contienen; siendo el fenómeno general de la erosión y acarreo al que de-
" bemos relacionar esta acumulación en escala tan grande de materiales carbo-
" nizados, a primera vista tan difícil de explicar sin acudir a la intervención de
" un fenómeno general que pone de manifiesto la incesante labor de las fuerzas
" naturales que nunca dejan de ejercer su influencia sobre la menor partícula de
" materia orgánica o mineral en cualquiera parte del Globo en que se encuen-
" tren, ya sea en su superficie, y en el seno de la tierra o de las aguas."

Dejando por ahora las formaciones carboníferas, que en mi concepto, no son más que una de las fases intermedias de transformación de los materiales orgánicos muertos para transformarse en petróleos y en hidrocarburos gaseosos de las series del potróleo; vamos a examinar el origen del petróleo, como derivado de la transformación de las algas marinas muertas, que sin ningún género de duda deben contribuir a proporcionar una grandísima parte del material orgánico que se transforma en petróleo, para esto tenemos que estudiar las formaciones que se designan con el nombre de Flysh, nombre que han aplicado los geólogos a una gruesa serie de estratos marinos que contienen grandes acumulaciones de materiales orgánicos que provienen de las algas marinas, principalmente, perteneciente al período Terciario en los Alpes suizos que se caracterizan por depósitos en capas alternadas con mucha frecuencia, de arcillas, con algo de arena, margas y lechos de piedras sueltas, de color generalmente negro, pardo y comunmente con bandas de colores abigarrados; contienen numerosas huellas de organismos preservados como fucoides o impresiones de algas marinas, huellas de impresiones de patas de animales marinos y otras trazas de fósiles, aunque fósiles completos propiamente dichos, sólo se encuentran raras veces. Los estudios más completos sobre las formaciones comprendidas en el Flysh de los Estados Unidos, comprenden estratos de formaciones desde el Cretácico Superior hasta el Oligoceno del Terciario, encontrándose igualmente aquí rocas areniscas, arcillo margosas y calizas, de color gris claro, tirando a verde y azul, las que a consecuencia de contener las impresiones conocidas con el nombre de fucoides, se les designa con los nombres de pizarras y areniscas de fucoides, encontrándose también entre estos estratos calizas y arcillas muy cargadas de siliza, siendo por esta causa estas últimas rocas muy quebradizas y astillosas, habiéndose empleado estas rocas silizosas como piedras de molino, en Europa principalmente.

Según Carpel L. Berger, esta formación está mucho mejor caracterizada en las formaciones de Portage Superior y Chemung que se encuentran en los Estados de New York y de Pensilvania; Marzec sostiene que varias de las cuencas

petrolíferas de Rumanía presentan formaciones que deben clasificarse como pertenecientes al Flysh.

Zuber considera que los depósitos de Flysh son formaciones de los deltas de los grandes ríos, ha observado depósitos muy semejantes, actualmente en proceso de formación en los deltas de la costa Noreste de la América del Sur, y en los del Africa Occidental.

Los depósitos en los deltas, no son sin embargo, esenciales para el desarrollo de los sedimentos característicos del Flysh, ni tampoco se encuentran en los deltas una abundante vegetación de algas.

Lakes ha descrito las formaciones que se conocen con el nombre de Kelps, que se encuentran a lo largo de la costa del Sur de California, refiriéndose a unas fajas de vegetación formadas por algas que se desarrollan extraordinariamente, formando un tejido inextricable de órganos vegetales subacuáticos que presentan en la superficie los órganos aereos, esta vegetación abarca una extención muy considerable, de una anchura comprendida entre media y una milla y en una longitud de varios grados, comprendida entre las ciudades de La Joya y San Diego, a cierta distancia de la costa como de una a dos millas. Esta notable faja que sigue las inflexiones de la línea de costa, sirve como una especie de dique o barrera contra la acción del oleaje que se desarrolla en alta mar.

Entre este jardín flotante de algas entretejidas de cerca de una milla de anchura, y la costa, la superficie del agua se encuentra en calma, como si se hubiera echado aceite, lo que contrasta con el aspecto general de las agitadas aguas del Pacífico; entre los jardines del Kelp y la costa, la faja de aguas marinas se asemejan a un lago presentando la superficie de las aguas una tranquilidad relativa.

Las plantas de Sargaso que vienen desarrollándose en esta faja del Kelp americano, se encuentran en condiciones semejantes, según Potonié, en las aguas poco profundas, a lo largo de las costas del Báltico en Europa; aquí las algas son un poco diferentes en su tipo, encontrándose expuestas a la acción de las altas y bajas mareas cuyas diferencias de nivel son considerables en ese mar, extiéndense en grandes superficies, y a profundidades diversas.

Después de las grandes tempestades, inmensas cantidades de algas que han sido arrancadas del fondo del mar, se encuentran en grandes montones sobre las costas, cubriendo muchos acres de terreno en California, siendo probable que grandes cantidades de estas mismas algas se depositen en el fondo del mar entre la faja de Kelp y la costa, constituyendo allí acumulaciones de materiales que se han substraído a la acción directa de la atmósfera, y a la alta mar serán arrastradas grandes cantidades de detritus vegetales de esta clase por la acción de las corrientes submarinas.

Otro ejemplo notable, conocido desde los primeros viajes por Colón en el descubrimiento de América, es el Mar de los Sargasos, que se encuentra en el

Mar de las Antillas entre los 16° y 38° de latitud norte, y entre 40° y 80° de longitud oeste, al sur de la rama principal de la corriente del Gulf-Stream, en donde la superficie del mar se encuentra ocupada por la vegetación de las algas marinas, cuyas raíces y órganos sumergidos tienen una longitud de varios centenares de brazas hasta afianzarse en el terreno que forma el fondo del mar, esta actividad notable de vegetación ocupa una superficie de más de 4,000.000 de kilómetros cuadrados, extendiéndose la vegetación subacuática a una profundidad media de 500 brazas, lo que equivaldría sobre la superficie de la tierra en vegetación de plantas terrestres sumamente densa a 80 millones de kilómetros cuadrados cuando menos, lo que representa una producción de materiales vegetales en un año, poco mayor de las seis décimas partes de la producción intensa sobre las tierras emergidas de los continentes e islas; contingente de materia órganica vegetal, que podemos atribuir únicamente al Mar de los Sargasos, sin contar las fajas de Kelp que se conocen actualmente y a la contribución de las floras marinas que se desarrollan completamente sumergidas o flotando en las aguas marinas y las plantas fijas que introducen sus raíces en los fondos marinos a profundidades bastante considerables en el resto de los mares.

Las consideraciones anteriores ponen de manifiesto el contingente tan grande de materiales orgánicos vegetales, que puede dar el mar para la formación y acumulación de los combustibles sólidos, líquidos y gaseosos que se encuentran entre los estratos de los terrenos sedimentarios, en el único punto en que yo difiero de la opinión de los que sostienen que las algas marinas son las únicas que se transforman en petróleo, es que dichas algas muertas sufren una carbonización parcial previa, exactamente como los materiales orgánicos terrestres que han contribuído y contribuyen para la formación de los mantos de carbón, en mi concepto, la primera transformación que sufren los materiales orgánicos para llegar a ser materiales petrólicos, es la carbonización, como ya lo indiqué en las páginas anteriores, acumulándose después en los mantos de carbón o mezclada con los materiales pétreos en las rocas fétidas, como las calizas, las pizarras, arcillosas, etc., etc., siendo la celulosa, que se encuentra siempre en abundancia entre los tejidos vegetales, la materia más apta para convertirse en carbón, cuando se encuentra en los órganos muertos de los vegetales, substraída a la acción directa de la atmósfera, sufriendo solamente una acción oxidante parcial. Tampoco estoy enteramente de acuerdo, respecto a que la acumulación de las algas muertas se haga exclusivamente a lo largo de las líneas de costa en una zona de mayor o menor anchura que dependerá de las variaciones de profundidad de los fondos, pues es bien sabido que a lo largo de las costas siempre existen corrientes marinas que se modifican constantemente por las variaciones de temperaturas y por las variaciones debidas principalmente por las cotas que en las costas alcanzan las altas y bajas mareas que ofrecen variaciones continuas, y como conse-

cuencia de los fenómenos de erosión, transporte y sedimentación que provocan naturalmente.

En vista de las anteriores consideraciones, me declaro partidario de la teoría pelágica de acumulación que es un fenómeno general, que explica satisfactoriamente la formación y depósito de los mantos potentes de carbón mineral de más de tres metros de grueso y la serie de estratos calizos y arcillosos de fórmación marina que contienen restos orgánicos más o menos carbonizados, cuya potencia es de centenares de metros, que están caracterizados por los numerosos restos de conchas y animales marinos, que permiten clasificarlos, como formaciones que pertenecen a los diversos períodos en que se ha dividido la historia geológica de la Tierra.

La teoría del origen del petróleo como proviniendo de las diversas variedades de carbón mineral conocidas, se encuentra fundada en el hecho, perfectatamente observado, de que en todas ellas se encuentran hidrocarburos similares en su composición a la de los petróleos, del gas natural, etc., estos hidrocarburos petrólicos constituyen las materias volátiles del carbón mineral, encontrándose en cantidades notables por su abundancia en los carbones grasos, como en el Cannel Coal, aunque en menos abundancia en todas las otras variedades, desde las lignitas, carbones bituminosos y disminuyendo en cantidad, hasta llegar a la antracita que tambien los contiene aunque en pequeña proporción. La transformación completa o casi completa de los materiales orgánicos muertos, en petróleo y gas combustible, entre los estratos de naturaleza pétrea y de las partículas carbonosas que se encuentran mezcladas íntimamente en las calizas, rocas arcillosas y margosas, no es sino una modificación de las más avanzadas que sufren en el subsuelo el carbón de los hidrocarburos que provienen de los tejidos muertos de los seres orgánicos, los cuales escapan durante un período de años muy largo a su transformación en agua y bióxido de carbón, para alimentar de nueva cuenta la vida vegetal que es a su vez, la base de la vida animal.

Por consecuencia, el ciclo de las transformaciones que sufren los compuestos naturales en que se combinan el hidrógeno y el carbón, considerándolos como cuerpos simples a estos dos elementos principales, de los cuales sólo el carbón bajo la forma de mantos carboníferos, más o menos impuros y protejidos por un espesor considerable de rocas impermeables a la acción del oxígeno de la atmósfera, se encuentra en gran abundancia en ciertas regiones de las tierras emergidas actualmente, siendo probable que en condiciones semejantes se encuentren otras grandes acumulaciones de esta misma clase, en el subsuelo de los fondos marinos, y superficialmente en vía de formación los materiales carbonizados orgánicos que provienen tanto de los organismos marinos y terrestres que perecen diariamente y que vendrán con el transcurso de los siglos a formar nuevos mantos de carbón, que actualmente se encuentran en vía de formación; por conse-

cuencia es pueril la idea de que las reservas de los combustibles fósiles lleguen a hacer falta a los hombres a medida que vayan transcurriendo los siglos.

Sabemos que todo el carbón que se quema se transforma en bióxido de carbón, que los hidrocarburos dan por su combustión bióxido de carbón y agua, tanto el bióxido de carbón, como el agua, así como varios elementos simples o compuestos de las rocas de naturaleza pétrea, que lleguen a disolverse por reacciones secundarias debidas a la acción de los compuestos orgánicos que se eliminan por las raíces, y a los productos de descomposición de la misma materia orgánica de los vegetales, son indispensables para la vida y desarrollo de la vegetación, debido a lo cual la composición de la atmósfera, en el transcurso de los siglos, no llega a sufrir variaciones notables, prácticamente se puede considerar y se considera como invariable en su composición.

Los vegetales fijan el carbón y el hidrógeno en sus tejidos, fijan y absorben grandes cantidades de agua, manteniendo un estado de equilibrio, en la pureza de la atmósfera que es indispensable para su vida y la de los animales que son también durante su vida una fuente constante de producción de bióxido de carbón; esta acumulación del carbón en los vegetales se hace bajo la influencia de las fuerzas que a falta de una buena enumeración, llamaremos biológicas entre las cuales podemos señalar la luz solar, bajo cuya influencia, la clorófila de los vegetales, terrestres principalmente, o el pigmento rojo de los marinos, descomponen el bióxido de carbón en sus dos elementos, carbón que se fija bajo la forma de compuestos hidrocarburados, como la celulosa, etc., y oxígeno que devuelven a la atmósfera. Los productos hidrocarburados que forman una gran parte del cuerpo de los vegetales y también de los animales, cuando estos mueren y se encuentran sus restos substraídos a la acción directa del oxígeno del aire, y hasta cierto punto, de la voracidad de las plantas vivas y de los animales que los aprovechan para su alimentación directa o indirectamente, sufren una serie de transformaciones, que dan por resultado la fijación en los mantos de una buena parte del carbón contenido en el material orgánico y la absorción por este material carbonoso de ciertos hidrocarburos, aunque no sean necesariamente de naturaleza petrólica; la transformación directa de los materiales carbonosos en petróleo y gases hidrocarburados en el seno de las aguas que los hayan cubierto, no se debe admitir para los efectos de la acumulación, por la sencilla razón que tienen siempre una densidad menor que la del agua pura, con más razón cuando se forman enmedio del agua salada, pues en virtud de la menor densidad de los hidrocarburos tienden a flotar sobre la superficie y entonces es seguro que la acción destructora de la atmósfera y principalmente la acción del oxígeno, los transforma en agua y bióxido de carbón, para continuar el ciclo de las transformaciones del hidrógeno y del carbón en los tres reinos de la Naturaleza.

Bajo la acción del calor y de una fuerte presión ejercida por las rocas que

se encuentran sobre los mantos de carbón, la destilación de los constituyentes volátiles se está verificando actualmente en los mantos de carbón que se encuentran a grandes profundidades, existe sobre este punto un trabajo muy interesante por Pierre Gény que se refiere a los yacimientos carboníferos de la concesión de Courriere, en Francia; igualmente se ha hecho un estudio análogo por Plotts, sobre la destilación del carbón bituminoso así como para el aceite mineral y el gas natural, en la costra terrestre, bajo la acción de las isogeotermales que deben producir una destilación fraccionada, cuyos productos deben acumularse en determinados lugares, llegando a producir las diversas calidades del petróleo que se obtiene en un mismo campo petrolífero, de los diversos pozos, aunque el origen de esos hidrocarburos sea siempre el mismo; muchos de estos constituyentes volátiles que no encontraron lugares completamente cerrados e impermeables deben haberse escapado a la atmósfera en donde son por completo oxidados comenzando de nuevo el ciclo de sus transformaciones.

La primera idea, en vista del hecho observado de la asociación de las rocas volcánicas con las sedimentarias en algunos de los campos petrolíferos, así como la presencia de mantos de carbón, como en los yacimientos de la isla de La Trinidad, en donde el asfalto y el petróleo brotan entre los lechos de lignitas o de carbón bituminoso, como puede comprobarse actualmente; fue que el petróleo resultaba de la destilación del carbón contenido en los mantos carboníferos, bajo la influencia del calor aportado por las lavas; después vino la teoría del origen animal del petróleo, suponiéndose que dicha substancia resultaba únicamente de la destilación de la materia animal que se había conservado y acumulado en los estratos fosilíferos, lo que es enteramente improbable, como creo haberlo demostrado en los anteriores párrafos, pues la cantidad de materia orgánica animal, principalmente grasas, que pudieran haber escapado a la putrefacción o a la voracidad de los animales carnívoros, es realmente insignificante, pues además de las consideraciones que ya he hecho, no hay más que tomar en cuenta la cantidad de grasa que contienen en su cuerpo los animales invertebrados, que es muy pequeña; tomando por base el peso de sus tejidos blandos y el de sus exoesqueleto o endoesqueleto, que en los lechos de calizas fósiles apenas llegaría a ser una diez milésima parte del peso total de la caliza, hasta hoy el examen químico de esas calizas acusa apenas cantidades muy pequeñas de substancias carbonosas e infinitesimales de hidrocarburos, que no son de las series del petróleo, estando todo esto en contradicción con las inmensas cantidades de petróleo que encierran los yacimientos; pudiéndose invocar, por otra parte, que las testas fósiles completas que se pueden estudiar y que acaso pudieran haber ayudado a preservar, como un bote cerrado de hojalata, a la materia animal de la putrefacción, son muy raras y si están impregnadas de petróleo, este material no puede provenir, sino en

mínima parte, de la transformación petrólica de los tejidos blandos del animal, que apenas serían suficientes para comunicarles a las testas el olor característico.

Existe, además, una asociación, casi constante, entre los yacimientos de petróleo y las acumulaciones en el subsuelo de cloruro de sodio o sal común, azufre, yeso y óxido de fierro, siendo mucho más raro encontrar juntos sulfuro de mercurio, sulfuros de plata, arsénico y selenio, entre los que podemos llamar minerales explotables de los terrenos petrolíferos; además de las rocas sedimentarias, entre las que predominan calizas, las dolomías, las margas y las rocas arcillosas de estructura apizarrada o esquistosa, arenas y areniscas diversas que se designan, en mi concepto con poca propiedad, con el nombre genérico de pizarras, no siendo raro encontrar lechos de arenas y rocas detríticas, como las calizas, dolomías y margas petrolíferas entre cuyos intersticios se encuentra muchas veces alojado el petróleo; no siendo muy raro encontrar capas de arenas netamente volcánicas, que se encuentran saturadas de hidrocarburos de las series del petróleo; como un ejemplo típico de la primera clase de rocas, puedo citar las calizas de Trentón, Ohio, que Le Conte cita en sus Elementos de Geología y los yacimientos de Furbero, estudiados por Degolyer, en la segunda; siendo una condición indispensable para que el petróleo se mantenga aprisionado que la roca porosa se encuentre entre dos estratos impermeables, generalmente constituídos por esquistos arcillosos; margosos o por areniscas con cemento margoso, siendo estos hechos igualmente una de tantas características de los mantos de carbón, los cuales se encuentran por lo general entre dos estratos de rocas arcillo–calizas, muy cargados de materias carbonosas, que en multitud de ejemplos, tratándose de los estratos carbonosos clasificados con el nombre de lignitíferos, contienen impresiones de hojas, frutos y aun tallos o estípites de plantas, que han permitido a los paleontologistas darse cuenta de la vegetación que cubría a la tierra en las edades geológicas en que se verificó el depósito de los mantos de lignitas y en las de la era Paleozoica que presentan diferencias notables con los restos fósiles de plantas y animales, que en las mismas condiciones se encuentran caracterizando las formaciones del combustible mineral de los períodos Mesozoico y Terciario.

Otro hecho saliente, por lo menos en Pánuco y en Tuxpan, aunque también ha sido señalado para la región de Pensilvania, es la presencia de las rocas volcánicas en los terrenos petrolíferos atribuyendo a la influencia de las fuerzas volcánicas que hicieron surgir la gran cadena de los Apalaches, la transformación de los materiales carbonosos o petrólicos de origen orgánico en petróleo y gas natural, es la asociación de las rocas volcánicas modernas de la gran familia de los basaltos o de otra cualquiera volcánica, bajo la forma de lacolites, chimeneas, diques, etc., a la que se atribuye por varios geólogos en México un papel preponderante en la transformación de las substancias petrólicas en petróleo, sien-

do las masas de rocas volcánicas de la Sierra de Otontepec y la de Tampache, las formaciones volcánicas más importantes que se encuentran en la gran zona petrolífera limitada al Norte por el cauce actual del Río Pánuco, y al Sur por el cauce del Río de Tecolutla, en las planicies que se extienden desde las faldas de las sierras mencionadas hasta la playa del Golfo, se notan una multitud de sierritas y eminencias aisladas de la misma naturaleza volcánica; estas formaciones volcánicas así como los restos de grandes corrientes de lava, que cubren parcialmente muchas de las localidades que se encuentran en las planicies sobre las rocas sedimentarias, son bastante raras en los terrenos del mismo período de formación sedimentaria de la República Mexicana en donde se explota actualmente el carbón de piedra, pues prácticamente las formaciones carboníferas que se encuentran en los Estados del Norte de la República, pertenecen a los períodos Jurástico y Cretácico de la era Mesozoica ya las varias formaciones del período Terciario; en cuanto a las rocas volcánicas; la mayoría de ellas datan del período Plioceno o del Pleistoceno en las regiones petrolíferas mexicanas.

En los terrenos carboníferos del país que se encuentran en la parte Norte, aunque pertenecientes a formaciones sedimentarias del Mesozoico y del Terciario que casi no se diferencian de las formaciones entre las cuales se encuentran los yacimientos petrolíferos mexicanos de la costa del Golfo; en la zona carbonífera de Piedras Negras, existen algunas manifestaciones superficiales de rocas volcánicas modernas, encontrándose también en las cercanías de esos lugares, indicaciones claras de la transformación de las lignitas en petróleo y betún mineral fenómenos de esta misma naturaleza se pueden estudiar en los yacimientos de El Paso del Norte, Chihuahua, Tlaxiaco, en el Estado de Oaxaca, etc., etc., esto pone de manifiesto una correlación entre los fenómenos volcánicos modernos y los depósitos de carbón mineral, que se transforman completamente o incompletamente en hidrocarburos de las series del petróleo.

Los carbones bituminosos que se encuentran en los terrenos carboníferos que ocupan una área en donde ha habido inyecciones de rocas volcánicas bajo la forma de lacolites entre los estratos sedimentarios o bajo la forma de corrientes superficialmente, son la mayor prueba que se pueda dar en apoyo de lo que acabo de exponer, sin acudir a la acción de una destilación verificada a favor del calor aportado por la lava, lo que está en contradicción con el hecho observado de que todo el grueso del manto, contiene carbón bituminoso de igual riqueza en materias volátiles.

Las consideraciones anteriores me van a servir de punto de apoyo para desarrollar mi teoría sobre la formación del petróleo partiendo de las diversas variedades de carbón que se encuentran en la Naturaleza, con excepción del diamante y de la grafita, no siendo improbable que tanto el diamante como la grafita puedan convertirse en hidrocarburos petrólicos al combinarse con el hi-

drógeno en las mismas condiciones y bajo la influencia de idénticas fuerzas naturales.

Las asociaciones frecuentes que se han observado entre las rocas sedimentarias, las volcánicas y los yacimientos petrolíferos, ha dado lugar a una teoría volcánica de la formación del petróleo a expensas de los materiales orgánicos, vegetales o animales que se encuentren más o menos integralmente conservados entre los estratos de la corteza terrestre; materia orgánica que hubiera sufrido una especie de destilación, aunque destilación no sea la palabra propia para designar a este fenómeno, pues realmente no hay una separación de los diversos productos que destilan a diversas temperaturas de las materias fijas carbonosas, ni se hace una condensación, en receptáculo separado mantenido siempre a una temperatura inferior a la temperatura de separación del destilado, como la que los químicos ejecutan en sus laboratorios, que si bien es cierto que por medio de la destilación de los materiales orgánicos vegetales o animales, logran obtener hidrocarburos sólidos, líquidos y gaseosos isómeros con los que obtienen sometiendo el petróleo crudo a la destilación, no son en la mayoría de los casos idénticos; faltando todavía averiguar si las diversas series de hidrocarburos que admitimos que entran en la composición de los petróleos naturales, existen enteramente formados en los petróleos naturales, o son productos que se generan por la influencia del calor o de los reactivos empleados: todo esto es de suma importancia tratándose de los compuestos en que el elemento carbón representa el papel de cuerpo tetratómico, que da lugar a la inmensa variedad de los compuestos que se encuentran en la Naturaleza como productos de los organismos y de la vida en los reinos animal y vegetal, en muchos de los cuales los procedimientos de síntesis actual usados en nuestros laboratorios, han sido impotentes de imitar, probablemente, por no emplear las fuerzas transformadas que la Naturaleza pone en juego para llegar a formar esos cuerpos.

A la destilación seca, se ha substituído en la teoría más moderna de la destilación húmeda, bajo la influencia probablemente catalítica de los cloruros alcalinos y alcalino–terrosos, que hasta cierto punto se acerca a las condiciones en que se encuentran los criaderos de petróleo, siendo muy sabido que el agua salada y aun ciertos yacimientos de sal gema se hallan íntimamente asociados con los yacimientos de combustible líquido y gaseoso natural, en todos los terrenos petrolíferos del mundo.

Esta nueva hipótesis ha sido un paso en el buen camino y ha puesto a los refinadores de petróleo crudo, en aptitud de disminuir en sus alambiques la cantidad de coke y aceites pesados que les resultaban destilando los petróleos, empleando el calor seco, consiguiendo en cambio, un aumento considerable en gasolina y aceites ligeros, que tienen en el mercado mayor demanda y un alto precio; este resultado se consigue empleando en la destilación el vapor de agua

recalentado, mezclado con el petróleo crudo, aprovechándose de los fenómenos hidrotermales, que se conocen y han sido estudiados desde hace mucho tiempo como que se verifican sobre las rocas.

Existe aún, aunque menos generalizada, la preocupación de que hay profundas diferencias entre la química mineral, química orgánica y la química subterránea; las diferencias que creyeron encontrar los fundadores de la química moderna entre las reacciones de los cuerpos minerales simples o complexos, y las reacciones entre los compuestos que se consideran como cuerpos orgánicos, han venido desapareciendo poco a poco, introduciendo en la teoría la noción de la valencia de los átomos y de las moléculas, que no se llevaba en cuenta en la teoría de los equivalentes, dando lugar a confusiones sumamente perjudiciales, que quedaban consagradas en las fórmulas con la adopción de la notación o nomenclatura dualística; esta última, aunque aparece fundada en la lógica, no tiene razón de ser, pues no da cuenta completa del fenómeno químico de asociación de los cuerpos simples en el compuesto, sino para el caso único en el que los diversos componentes hagan en el compuesto resultante el papel de cuerpos monoatómicos; desgraciadamente la valencia de los cuerpos respecto unos con otros no se ha llegado a determinar con rigurosa exactitud, ni tampoco se han llegado a determinar las leyes de variación que la rigen.

Es mucho más sencilla la notación unitaria, que actualmente se ha adoptado, que no prejuzga, por carecer de pruebas evidentes, la asociación de los cuerpos simples en el compuesto resultante, pues en el estado actual de nuestros conocimientos no es posible determinarla.

En pocas palabras, las diferencias profundas que en concepto de los viejos maestros, separaban a los compuestos reputados como minerales, de los designados con el nombre de orgánicos, no existen realmente; esas diferencias se deben a que no se había tomado en cuenta al determinar la fórmula todas las propiedades de los cuerpos simples, cuya atomicidad varía respecto unos de otros según los cuerpos simples o derivados que entran en los compuestos, y según las diversas modalidades de la fuerza o fuerzas que han obrado y siguen obrando sobre ellos, pudiendo ser diversas en su manera de manifestarse al presentarse a la observación del hombre que las que contribuyeron principalmente a la formación del cuerpo compuesto en el interior de los estratos de la corteza terrestre.

Otro de los hechos que han venido a modificar las ideas antiguas, sobre los cuerpos que hasta ahora hemos considerado como cuerpos simples, debido a que los medios de que disponemos en los laboratorios, especialmente tratándose de aquellos que se encuentran en la Naturaleza al estado nativo, que no han sido capaces hasta ahora los químicos de descomponerlos, es el gran número de radicales compuestos, que funcionan en muchas de las reacciones como si fueran

cuerpos simples y cuyas propiedades físicas y químicas son diversas de los cuerpos simples que les dan origen; muchos de estos radicales son considerados como orgánicos, otros pocos como minerales, habiendo también un grupo bastante numeroso de radicales orgánicos–minerales, que en mi concepto, tienden a probar, que las diferencias absolutas bajo el punto de vista químico entre los cuerpos orgánicos y minerales no existen: estas diferencias que los separan, no está fundada más que en la pequeñez de nuestros conocimientos, sobre la índole de los fenómenos que se verifican en el Cosmos.

Cuando se trata de hacer una teoría sobre un fenómeno de naturaleza geológica en la que deben intervenir los materiales acumulados en la corteza terrestre por las fuerzas de erosión y transporte y reacciones químicas en el subsuelo, (química subterránea), hay que tomar en cuenta los fenómenos vitales generales, pues a pesar de lo admitido en casi todas las obras didácticas modernas, los cuerpos calificados como minerales, entre los cuales se encuentran las rocas, no están desprovistas de vida; en la Física de Aristóteles, se leé: *Los fundamentales de la Naturaleza entera, son el cambio y el movimiento. El que no ha reconocido estos dos principios, no conoce a la Naturaleza.*

Es indudable que Aristóteles alude claramente a los fenómenos vitales, y los geólogos al tratar de explicar las reacciones que se producen en el interior de la corteza terrestre, hacen caso omiso o pretenden ignorar, que tanto en la superficie de nuestro planeta como en el interior hay manifestaciones de vida, cuyos fenómenos más salientes son las transformaciones de las rocas propiamente dichas y de los minerales (metasomatismo) como igualmente los cambios que sufren en su distribución; pues en la mayoría de los casos se encuentran primitivamente sumamente diseminados en las rocas de la formación y bajo la influencia de las fuerzas a que aludo, llegan a concentrarse en determinados lugares constituyendo los yacimientos minerales explotables industrialmente como vetas, mantos, yacimientos irregulares, etc., igualmente debemos clasificar en este grupo de fenómenos las dislocaciones y movimientos que sufren en el interior de la corteza los estratos de las rocas y en particular las sedimentarias, puesto que se encuentran sometidas a las mismas influencias que los animales y vegetales sin ningún género de duda; estas influencias, tratándose de los minerales, se han designado con el nombre de catalíticas, sabiéndose hasta ahora, que algunos cuerpos pueden por su presencia determinar en otros, reacciones químicas y fenómenos físicos diversos, pero no han llegado los sabios a investigar cuales son las fuerzas que realmente intervienen y por consecuencia no las conocen, dejando incompleto el conocimiento de muchos de los fenómenos que tratan de investigar, siendo sus teorías y las hipótesis en que las fundan sumamente obscuras.

Aristóteles que había sospechado estos fenómenos vitales, que se ejercen sobre la naturaleza toda, refiriéndose a la idea de gobierno y al orden que reina

en todo el Universo, representa en uno de sus escritos "Ascultationes Phiscae" los fenómenos de la naturaleza, como efectos vitales, emanando de una Potencia Universal. *El Cielo y la Naturaleza, dice, designando bajo estos dos nombres las esferas celeste y terrestre de los fenómenos, depende del motor móvil del mundo. El ordenador, o en otros términos, el último principio de los fenómenos sensibles, debe ser considerado como distinto de toda clase de materia.*

La unidad que domina en todos los fenómenos, por medio de los cuales se hacen para nosotros, aparentes por medio de los sentidos, las acciones de las fuerzas, está elevada en las obras de Aristóteles a la categoría de un principio esencial, y las manifestaciones todas de la Naturaleza las refiere a movimientos.

Por lo tanto, en el tratado del ANIMA, adivinó la teoría moderna de las ondulaciones.

En el año de 1909, en mi folleto ya citado "Crítica y teorías nuevas sobre el período carbonífero" decía: " Sabemos que no hay cuerpos opacos absolutos, " todos se dejan atravesar con más o menos facilidad por ciertas radiaciones, que " en último análisis, sólo difiere entre sí en la longitud de sus ondas y en la " rapidez de su propagación; esto es en realidad, las únicas diferencias notables " que han encontrado los físicos en los diversos agentes dinámicos, que han " llegado a designar con algún nombre, todos los cuales obran sobre nuestro " planeta y cuanto contiene, dando lugar a la inmensa variedad de fenómenos de " cuyo estudio se ocupan los sabios.

" No hay la menor duda de que durante el día, la superficie toda de la Tie- " rra absorbe cantidades enormes de la fuerza radiante del Sol, y durante la " noche pierde una gran parte de esta fuerza, acumulada bajo la forma de radiaciones " caloríficas principalmente; pero es seguro que no devuelve toda la cantidad de " radiaciones que almacenó durante el día, siempre queda un remanente a favor " de nuestro planeta; ese remanente se va acumulando en el interior, poco a poco " y al llegar a determinado grado de acumulación o de tensión, influye sobre las " capas sedimentarias y las demás rocas de la corteza, produciendo fenómenos " metamórficos, diastrofíticos, etc., etc.

" Esta acumulación o almacenamiento de una parte, tal vez muy considera- " ble, de la fuerza radiante emitida por el Sol, interceptada por nuestro planeta, " bajo formas hasta hoy no estudiadas, es la causa principal de los fenómenos " geológicos; la acumulación se hace del mismo modo, aunque por procedimien- " tos distintos, que la acumulación del trabajo solar sobre los vegetales; calor (?) " que se admite, se ha almacenado en grandes cantidades indirectamente con la " ayuda del transcurso de los siglos, bajo la forma de esos mantos de carbón, cu- " ya explotación y aprovechamiento, constituyen en la actualidad la base del " Progreso e Industria modernos: (ahora agrego que los yacimientos petrolíferos " y de gas combustible natural se encuentran en el mismo caso) a posteriori, te-

" nemos la prueba evidente de que esto es así, pues las fuerzas que han levantado
" a las masas continentales (fuerzas epeirogenéticas) y los movimientos eustáticos
" sólo se pueden comparar por su magnitud al resultado de las fuerzas empleadas
" por la Naturaleza para efectuar la Denudación, la cual se verifica poco a poco
" por medio de los agentes de erosión y transporte, que provienen indudablemente
" de las radiaciones solares, efectuando un trabajo mecánico algo parecido y tal
" vez análogo, al que se verifica constantemente por el intermedio de los vegeta-
" les, provistos de corofila o en las plantas terrestres o del pigmento rojo que
" abunda en las plantas marinas, que bajo la influencia de esos mismos rayos so-
" lares, descomponen el ácido carbónico, devolviendo a la atmósfera el oxígeno
" y fijando en sus órganos el carbón bajo la forma de celulosa, almidón, grasas,
" azúcar, alcaloides, etc., etc.

" El estudio sistemático, racional que se emprenda, en lo futuro, de los tem-
" blores, de las variaciones magnéticas, la influencia de las manchas del sol, so-
" bre los fenómenos terrestres, tanto geológicos como biológicos, vendrán sin duda
" alguna, a dar la clave de estos fenómenos, cuyo origen u orígenes, son hasta
" hoy muy obscuros y como consecuencia, muy poco estudiados; pero cuyos re-
" sultados en varios casos son desastrosos para los intereses del hombre, ignora-
" ramos casi por completo las leyes que los rigen; de esto resultan muy incom-
" pletas e improbables las teorías y explicaciones que se dan en las obras clásicas,
" de muchos de los fenómenos geológicos que se atribuyen, en mi concepto, erró-
" neamente a la acción de las fuerzas interiores."

En el trabajo que vengo citando me he declarado partidario de la hipótesis de que no existen realmente las fuerzas interiores, o mejor dicho: no existe en el interior de la Tierra causa capaz de generar fuerzas de ninguna especie, suceptibles de manifestarse al exterior como la causa de los temblores, del volcanismo, del metamorfismo, de los levantamientos o hundimientos y del agrietamiento de las masas o terrenos continentales ni tampoco de los insulares; todos los fenómenos geológicos los atribuyo a fuerzas exteriores, análogas a las que producen la denudación, las mareas, etc., etc, considerando a la Tierra como a una canica de vidrio. (Pág. 8 del folleto "Crítica y teorías nuevas sobre el período Carbonífero.)

Desde el año de 1909, emprendí una serie de estudios haciendo uso de la fotografía con pantallas especiales, que había yo descubierto desde principios de 1906 (véase el Magazine "Black Gold" publicado en México el 30 de junio de 1916, págs. 12 y siguientes) estos estudios me han producido la convicción de que la mayor parte de las ideas por mí publicadas en 1909 son correctas, y modificada la idea que yo tenía sobre el origen de las fuerzas que por no romper abiertamente con las tradiciones clásicas aceptadas, por una gran mayoría de los sabios actuales y muchos de los que han sido, consideraba como emanando del sol, que se considera o admite como el centro de nuestro mundo planetario, y

aun el Dios del universo, siendo él el dispensador de todos los bienes y de todos los males, de que el hombre es testigo pasivo la mayor parte de las veces; consideraba todas las fuerzas que obran sobre el planeta terrestre, sobre el origen de las cuales no se ha dado una explicación mediata satisfactoria, como modificaciones o transformaciones de la fuerza radiante que nos manda el Sol; hoy como fruto de mis experiencias, meditaciones e interpretaciones sobre todo lo que he podido estudiar y leer sobre estos puntos, tan debatidos por los antiguos y los modernos, me he colocado entre los partidarios de la idea de que la Fuerza existe en el Universo entero, la cual obrando sobre la materia, se hace sensible para nuestros órganos de percepción, pues le comunica a los diversos cuerpos propiedades especiales, que están en relación con el estado de agregación de sus átomos y moléculas integrantes, a las cuales les comunica vida, aun tratándose de los cuerpos minerales, como elocuentemente lo sostiene el Dr. Gustavo Le Bon, en muchos de sus escritos. Afirma que el átomo es el asiento de una gran energía, fundándose en los fenómenos observados, a los que ha dado el nombre de Disociación de la Materia, estudios que han dado origen a su obra titulada "Evolución de la Materia," evolución que yo admito, con la salvedad de que la atribuyo a la acción de las fuerzas exteriores.

Concretándome al caso del petróleo, partiendo de la hipótesis de que proviene de la transformación o metasomatismo de los mantos carboníferos o simplemente carbonosos, bajo la acción de las fuerzas exteriores, voy a traducir en palabras, algunos hechos que son del dominio de la ciencia, me refiero a los fenómenos catalíticos ya aludidos, o sea que la presencia de ciertos cuerpos, es capaz de determinar y acelerar las reacciones químicas, composición y descomposición entre otros cuerpos puestos en presencia, sin que el cuerpo que obra catalíticamente sufra ningún cambio aparente que se pueda determinar con los medios conocidos hasta ahora en el mundo científico; esta clase de fenómenos son muy semejantes a los que producen el calor o la luz en determinados cuerpos, siendo igualmente capaz de verificarlos la chispa eléctrica, como sucede con la combinación entre el hidrógeuo y el cloro, el hidrógeno y el oxígeno, etc., etc., que se puede provocar por medio de la luz, de la chispa eléctrica o la esponja de platino; esta similitud de la manera con que obran los cuerpos catalíticos y los agentes físicos antes mencionados, nos hace sospechar que en apariencia existe en ellos una fuerza acumulada que nos es desconocida, por no haber podido llegar a medirla, que es a lo único que han llegado los sabios en sus investigaciones sobre las fuerzas, que disque conocen.

Hay otra serie de fenómenos, de los cuales el selenio, nos presenta un ejemplo bastante bien conocido, y es que bajo la influencia de la luz se vuelve el selenio un cuerpo conductor de la electricidad, siendo una substancia aisladora en las condiciones ordinarias, aumentando su coeficiente de conductibilidad, propor-

cionalmente a la cantidad de luz que recibe, siendo muy probable que muchos de los minerales simples o compuestos que se encuentran en la corteza terrestre, y en el interior de la tierra hasta el centro mismo de ella, presenten propiedades análogas, aunque en un grado muy inferior que en el selenio.

De acuerdo con las conclusiones que defiende Le Bon, empleando los procedimientos científicos actuales, para apoyar sus conclusiones, sólo quedan en pie la materia y la fuerza, que tanto una como otra sufren evoluciones y transformaciones, presentando a nuestros sentidos las manifestaciones por medio de las cuales hemos llegado a distinguirlas; profundizando más el problema la materia también desaparece, según Le Bon y varios sabios modernos y de la antigüedad la materia en concepto de los más avanzados, no es sino la manifestación de los torbellinos de la fuerza; respecto a esto último, yo no estoy enteramente convencido, admito la Fuerza y la Materia como dos entidades aparte, para explicar todos los fenómenos sensibles a nuestros sentidos y los suprasensibles, sin negar en lo absoluto que Platón y Descartes tengan razón, en que la Materia no existe realmente.

Dando por cierto que la materia exista con el testimonio de nuestros sentidos como prueba, voy a desarrollar la teoría de la transformación del carbón mineral (?) de origen orgánico que yo considero como perteneciente a la química subterránea, a que aludí al escribir el principio de este capítulo, que no debe ser distinta de la química general, esta última hasta ahora, no se ha ocupado sino de la investigación de las reacciones que se verifican entre las diversas variedades de materia que designamos con el nombre de cuerpos minerales y cuerpos orgánicos, generalmente a la presión atmosférica, bajo la influencia de ciertas variedades de fuerza, de la que disponemos en los laboratorios.

El calificativo de subterránea que se ha dado a esta parte de la química sólo está justificado, por la ignorancia en que nos encontramos respecto a la manera de obrar y las características de las diversas transformaciones de la fuerza que se verifican en el interior de la tierra.

De mis investigaciones fotográficas por medio de pantallas, resulta que todos los cuerpos simples o compuestos en la clasificación admitida actualmente que es, como todas nuestras clasificaciones, una clasificación artificial con rivetes de natural, resulta que son una especie de transformadores que modifican la longitud de las ondas del éter, dando lugar en las diversas variedades de la materia a las manifestaciones innumerables por las que la vida se revela en todos los cuerpos tanto orgánicos como minerales. Existe descrita en varios libros viejos, una experiencia atribuída a Saussure que yo he repetido y variado, valiéndome no de vidrios, sino de placas de rocas diversas; la experiencia original consiste en encerrar dentro de una caja de vidrio prismática, completamente cerrada, cuyas paredes tienen cierto espesor, un termómetro, y exponer el conjunto

a los rayos solares, si se compara la temperatura que adquiere el termómetro encerrado en la caja, con la temperatura que acusa a otro termómetro expuesto directamente a los rayos del sol, se nota que la temperatura del ambiente encerrado dentro de la caja de vidrio, acusa una temperatura mucho más elevada; esto no tiene nada de particular y hay muchas explicaciones plausibles del fenómeno; pero si nosotros duplicamos o aumentamos en cualquiera proporción el espesor de las paredes de la caja de vidrio encerrándola en otra un poco más grande, y la volvemos a someter a la acción de los rayos solares, se acusa en el interior una temperatura mucho más alta que la observada dentro de la caja de paredes sencillas; aumentando sucesivamente el grueso de las paredes por el mismo procedimiento, se van obteniendo temperaturas más y más altas, hasta llegar a cierto límite, en el que la temperatura se mantiene estacionaria; si persistimos y seguimos aumentando el grueso de las paredes, la temperatura baja y en el interior de la caja se manifiestan fenómenos eléctricos bajo la forma de descargas, comparables a las que se obtienen con los condensadores de electricidad estática, introduciendo en el interior, substancias entre las cuales no es posible en el medio ambiente producir reacciones, éstas se verifican dando resultados muy diversos a los que enseña, o mejor dicho, prevé la química clásica: la observa; ción de la producción de electricidad y la producción de reacciones químicas, en el interior de la caja, son de mi cosecha.

Si repetimos la experiencia de Saussure, valiéndonos de placas de rocas para formar la caja, como de basalto, de caliza, de pizarras, areniscas, etc., etc., los fenómenos que se observan, son análogos pero no idénticos, comparados con los que se obtienen con las placas de vidrio, a igualdad de espesores, la intensidad calorífica es mucho mayor, hay emisión de luz negra, como la llama Le Bon, la cual no impresiona a la retina, pero sí a la placa fotográfica, y por medio de una pantalla especial, empleando mi procedimiento, se pueden convertir algunas de las radiaciones que no perciben nuestros sentidos, en otras que se pueden hacer perceptibles en la placa fotográfica; se verifican fenómenos de metamorfismo en las placas de roca colocadas en el interior: cuando se usa una combinación de cajas de rocas diversas, las reacciones químicas se verifican con gran violencia, en fin, parece que se trata de agentes físicos y químicos especiales, mucho más enérgicos que los que estamos acostumbrados a manejar ordinariamente en los laboratorios; esto, que a primera vista parece sorprendente y nuevo, no lo es en realidad, pues los prodigios que a cada paso nos presenta la naturaleza en cualquiera de los tres reinos, son la prueba más clara y patente de que los agentes físicos, químicos y mecánicos de que ella dispone, son mucho más variados y enérgicos que los que nosotros manejamos en los laboratorios.

En mis anteriores escritos sobre Geología he considerado al Sol, para no romper bruscamente, con las tradiciones clásicas académicas, que se admiten

actualmente, como moneda de buena ley en el mundo científico moderno, como el origen de todas las fuerzas exteriores e interiores que obran sobre nuestro planeta, hoy rebajo la categoría del astro rey y lo clasifico como uno de los grandes transformadores, concentradores y acumuladores naturales, no siendo el único de la energía que debe llenar al espacio, al igual que cualquier humilde fragmento de roca o de tejido organizado de cualquier planta o animal, estrella, satélite, asteroide o cometa, no obstante esto, el Sol debido a su masa y a sus dimensiones representa el papel preponderante en el sistema planetario, siendo como es el mayor transformador y acumulador de energía que nosotros podemos estudiar; el sol no es como se le ha considerado hasta ahora, el oirgen de la energía del mundo planetario.

La energía se encuentra latente en todas partes, sólo que es necesario su transformación en vibraciones de cierta amplitud, para que llegue a producir cambios en la materia que se hagan perceptibles a nosotros por medio de nuestros sentidos, que unas veces podemos apreciarlos directamente y otras por medio o ayuda de aparatos más o menos perfectos que se encuentran actualmente en uso en los laboratorios de investigación científica; la admisión de esta hipótesis, simplifica mucho la inteligencia de una multitud de fenómenos cuya explicación permanece dudosa y da la clave para resolver muchos de los problemas que se consideran insolubles, sobre todo, tratándose de los fenómenos geológicos y biológicos.

Yo soy partidario de la opinión de Franklin sobre la utilidad de las hipótesis, una hipótesis aunque sea muy aventurada, pero que dé la explicación colacionada de uno o varios fenómenos, que no se hayan resuelto satisfactoriamente, se debe hacer pública, pues su discusión y aplicación a otros fenómenos de igual índole, hace descubrir sus defectos y corregirlos a medida que se va avanzando en los estudios parciales que se emprendan partiendo de ella; como ejemplo podemos poner muchas de las hipótesis emitidas por los antiguos, que a pesar de los errores que contenían, han hecho progresar a la ciencia hasta e punto que hoy se encuentra.

Si el autor de una nueva hipótesis y teoría, o modificador de una antigua, que explica mayor número de hechos que las que se admiten generalmente, pretende no hacerla pública, hasta que se encuentre perfecta, cosa que es imposible de lograr por las elucubraciones de un solo hombre, ese hombre es un egoísta y un vanidoso, hay que darla a la publicidad aunque se exponga el autor al ridículo y a la crítica apasionada a que se exponen siempre al principio, todas las ideas nuevas o resucitadas, pero si están bien fundadas llega a triunfar siempre, con el transcurso del tiempo; se debe publicar todo aquello que uno haya podido entrever sobre la Naturaleza, hay que huir de la opinión de Newton, que

se conformó al estudiar los fenómenos de la gravedad con decir *Hipotesis non fingo.*

De todo lo anterior se desprende que el petróleo puede muy bien resultar de una transformación del carbón que convencionalmente llamamos mineral, el cual se encuentra acumulado o diseminado entre las capas sedimentarias, bajo la forma de estratos potentes, mantos de carbón o simplemente partículas incorporadas, como pasa en las pizarras carbonosas, en las calizas fétidas, etc., etc.; verificándose la transformación en petróleo e hidrocarburos gaseosos, por la acción de las fuerzas exteriores, modificadas y concentradas por los estratos de rocas que cubren a los mantos de carbón o de substancias pétreas muy cargadas de elementos que formaron parte muy esencial del cuerpo de los organismos vivientes, principalmente vegetales, pudiendo representar en ciertos casos un papel muy importante las rocas volcánicas, bajo la forma de lacolitas, aunque no sea exclusivo este papel de las rocas de origen ígneo, pues de ciertas asociaciones en estratos de rocas diversas de origen puramente sedimentario, se pueden obtener resultados idénticos.

En la República Mexicana en la faja oriental que comprende a los Estados de Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, San Luis Potosí, Veracruz, Hidalgo y Puebla se encuentran criaderos de lignita y criaderos petrolíferos en formaciones casi idénticas del Cretácico hasta el Plioceno que no presentan grandes diferencias en el orden de colocación de los diversos estratos, presentándose el petróleo en abundancia en aquellas localidades en las que hay abundantes señales de encontrarse intercalados entre los estratos sedimentarios las inyecciones de las rocas volcánicas que se designan con el nombre genérico de Lacolitas sin que se pueda atribuir al calor aportado por las rocas volcánicas la transformación de los materiales petrólicos en petróleo: pudiéndose en muchos casos determinar las probabilidades de la existencia de yacimientos de petróleo por la potencia de las rocas volcánicas, interestratificadas entre las rocas sedimentarias que contengan mantos de carbón o señales de haberlos contenido, como pasa en los cantones de Ozuluama, Túxpam y Chicontepec, en el Estado de Veracruz, en los del Partido de Valles, Tancanhuitz y Tamazunchale, en el Estado de San Luis Potosí, Distritos de Huejutla y Zacualtipán en el Estado de Hidalgo; además, hay que llevar en cuenta la distancia a que se hallan las rocas volcánicas de los mantos o depósitos de material carbonoso, tanto en el sentido vertical como en el horizontal; pues parece que su influencia tiene un radio de acción bastante considerable, para resolver este problema práctico que hasta hoy ha escapado a la sagacidad de los Geólogos, en algunas de las zonas petrolíferas del país en donde existen intercaladas entre los estratos sedimentarios, masas más o menos considerables de rocas volcánicas por lo general muy alteradas.

Otro de los factores que tienen una gran influencia en la formación del petróleo además de las fuerzas transformadas a que me vengo refiriendo, es el pe-

ríodo más o menos largo de tiempo que haya transcurrido desde que la producción de esta clase particular de fuerzas haya podido obrar, operando la transformación de los materiales petrólicos en petróleo y gases combustibles, pues el factor tiempo tiene una importancia capital en el desarrollo de todos los fenómenos geológicos.

Es indudable que la formación del petróleo tiene que ser posterior al depósito de las capas sedimentarias, no concibiéndose que se haya podido depositar entre los estratos al mismo tiempo que se depositaban en el seno de las aguas los materiales de naturaleza pétrea que constituyen en su mayor parte los terrenos petrolíferos, tratándose de una substancia como el petróleo y los hidrocarburos que lo acompañan, pues éstos son cuerpos que tienen una densidad inferior a la del agua, y más teniendo en cuenta que el agua que impregnó a los materiales de las capas sedimentarias ha sido expulsada en su mayor parte, por las acciones posteriores que han dado lugar a la consolidación de los materiales que vienen a constituir los elementos petrográficos de las rocas sedimentarias; mientras que si adoptamos la hipótesis de que el material primitivo del que se deriva el petróleo son las substancias carbonosas que resultan de la transformación de los materiales orgánicos muertos que se encontraron al abrigo de las influencias directas de la atmósfera, que da por resultado un cuerpo que tiene densidad bastante superior a la del agua pura o del agua salada, la imposibilidad de la acumulación de los materiales petrólicos que acabo de señalar queda removida; siendo perfectamente explicable que una multitud de calizas, margas, areniscas y pizarras, como las que se encuentran frecuentemente en estos yacimientos, están impregnadas de hidrocarburos sólidos, líquidos o gaseosos, sin que por otra parte se encuentren en dichas rocas huellas de metamorfismo, debido al calor sobre los materiales que constituyen las partes principales de las diversas rocas que se encuentran en las formaciones petrolíferas, las experiencias que yo he emprendido, sometiendo por un período de más de un año, ejemplares de antracita, lignita, carbones bituminosos y turba, encerrados en cajas compuestas de varias láminas de rocas iguales a las que encontramos en los criaderos petrolíferos del país y sometiéndolas a la acción de los rayos solares, me han dado indicios preciosos sobre esta clase de fenómenos, que demuestran la posibilidad de la transformación del carbón fósil en hidrocarburos en el subsuelo, bajo la acción de las fuerzas exteriores, pues el resultado del análisis de las muestras sometidas a la experiencia, comparado con el que se obtuvo antes de colocarla en las cajas, han demostrado que aumenta el tanto por ciento de las materias volátiles, a expensas del carbón fijo y de la humedad.

Las rocas sedimentarias por lo general, cuando no han sufrido la influencia del calor, conservan además del agua de hidratación que corresponde a su composición química definida, cierta cantidad de agua entre sus poros interpuesta mecánicamente, y aun esta última agua tiende a separarse de la roca cuando la

presión que experimenta el terreno, por el peso de las capas que se encuentran encima o por compresión lateral en el criadero, es muy considerable; en los carbones minerales se encuentra siempre un tanto por ciento de humedad que llega generalmente a cinco por ciento y en las rocas sedimentarias de los criaderos petrolíferos a siete por ciento por término medio, así como el grueso y la extensión ocupadas en el espacio por estas formaciones son muy considerables, tenemos que sin acudir a otras fuentes de agua en el interior de la formación, contamos con toda la suficiente para que al disociarse bajo la influencia de las fuerzas exteriores transformadas pueda proporcionar todo el hidrógeno necesario para que el carbón contenido en el criadero se convierta en hidrocarburos petrólicos; esta descomposición del agua se tiene que hacer bajo la influencia de una fuerza extraña que desarrolle un calor equivalente por lo menos a 3,750 calorías gramos por cada gramo de agua; he tomado por base la caloría gramo por ser la unidad que se escoge en las medidas que se hacen en las experiencias de termoquímica, que pudiéramos convertir en gramo metro multiplicando la cifra dada, por 425 que es el equivalente mecánico de uua pequeña caloría o por 41.692,500 para obtener el número de ergs; este trabajo que hay que emplear para descomponer un gramo de agua, es 1.74 veces superior al que se necesita para descomponer un gramo de bióxido de carbón que requiere 2,143 calorías gramo, trabajo que ejecutan los rayos solares en los vegetales provistos de clorófila, en los vegetales terrestres y en los marinos provistos de pigmento rojo, el mecanismo debe ser muy semejante en el caso de las rocas que en el subsuelo verifican la transformación de la fuerza radiante emitida por el sol, siendo su intensidad mucho mayor, puesto que tiene que desarrollar mayor suma de trabajo para descomponer el agua que cuando las plantas descomponen el bióxido de carbón para aprovechar el carbón en la formación de sus tejidos y desprendiendo el oxígeno que va a dar a la atmósfera, siendo este oxígeno consumido para formar el bióxido de carbón, en los fenómenos de la respiración de los seres organizados y así sucesivamente. En el caso que estamos estudiando de descomposición del agua en el seno de los estratos relativamente permeables que contengan el agua y el carbón, que podemos considerar a estos cuerpos hasta cierto punto, como encerrados entre una capa superior y otra inferior impermeables, el oxígeno naciente, producto de la descomposición del agua en el seno de los estratos relativamente permeables que la contienen en el criadero que no puede disiparse en la atmósfera, tiende naturalmente a combinarse con otros cuerpos allí presentes para los cuales tiene gran afinidad en las condiciones especiales que se encuentran en el yacimiento, formando compuestos que no puedan disociarse bajo la acción de la energía modificada que ha operado la descomposición del agua. Entre los acompañantes constantes de un gran número de rocas igneas o sedimentarias y del carbón mineral el cual siempre contiene cierta cantidad de azufre,

se encuentran además, las piritas de fierro; estas piritas en las condiciones ordinarias, se peroxidan dando como producto sulfato de peróxido de fierro y bióxido de azufre que se conoce con el nombre de gas sulfuroso, este anhidrido sulfuroso, bajo la acción del oxígeno libre y de la humedad tiende a convertirse en ácido sulfúrico libre, que atacará de preferencia a los carbonatos de cal que se encuentran en gran abundancia entre los materiales que constituyen las capas sedimentarias de la formación petrolífera, dando por resultado, el que una gran parte de las calizas se transformen en yeso o sulfato de cal y se desprenda el bióxido de carbón, este bióxido de carbón en presencia de una gran cantidad de carbón y bajo la acción de las fuerzas exteriores modificadas, puede convertirse en protóxido de carbón gaseoso que se une a los hidrocarburos gaseosos para formar el gas combustible que se encuentra siempre con el petróleo, o como base para la generación de los productos de petróleo ligeramente oxidados que se recogen en las chapopoteras y que se ha considerado que son petróleos que han sufrido una oxidación bajo la influencia del oxígeno libre del aire atmosférico, pero es mucho más probable que se encuentren completamente formados en el yacimiento mismo.

En cuanto a la acumulación de la sal gema, principia por la concentración de las aguas madres saladas que impregnan a las rocas sedimentarias marinas continuándose el fenómeno de concentración por los efectos de la disociación del agua, que produce oxígeno que viene a oxidar al azufre convirtiéndolo primero en anhidrido sulfuroso y después, bajo la acción de la humedad y el oxígeno, se convierte en ácido sulfúrico que ataca a las calizas del criadero, formando sulfato de cal y desprendiéndose al estado gaseoso bióxido de carbón, como igualmente el hidrógeno, quedando aprisionado entre los estratos impermeables del criadero en donde contribuye a las reacciones que se verifican después. Otra parte del oxígeno uniéndose al carbón produce el protóxido o el bióxido de carbón, y en cuanto al hidrógeno que se desprende como resultado de la disociación del agua del criadero, se une al carbón para formar los diversos compuestos hidrocarbonados de las series del petróleo. En las páginas anteriores, ya dije como es posible que el anhidrido sulfuroso, bajo la influencia de los hidrocarburos ligeros, puede descomponerse bajo la acción del calor produciendo agua y azufre libre, que se deposita en este caso particular; el calor necesario para iniciar el fenómeno deberá estar suministrado por una de las transformaciones de la Energía, capaz de determinar esta especie de combustión que es exotérmica, a medida de que el agua va desapareciendo del criadero, los cloruros alcalinos se concentran y llegan a cristalizar, constituyendo las capas de sal que se encuentran con frecuencia entre las formaciones de los yacimientros petrolíferos.

En cuanto a los fenómenos de distribución, tanto del azufre como de la sal,

los trataré en uno de los capítulos siguientes, ligándolos con los de acumulaciones y distribución del petróleo.

Como se ve, la teoría que propongo explica el mayor número de fenómenos más salientes, que se han verificado en los yacimientos petrolíferos, así como muchas de las particularidades de los yacimientos de los combustibles líquidos y gaseosos que se encuentran en el subsuelo.

Creo haber establecido bajo sólidas bases los siguientes principios:

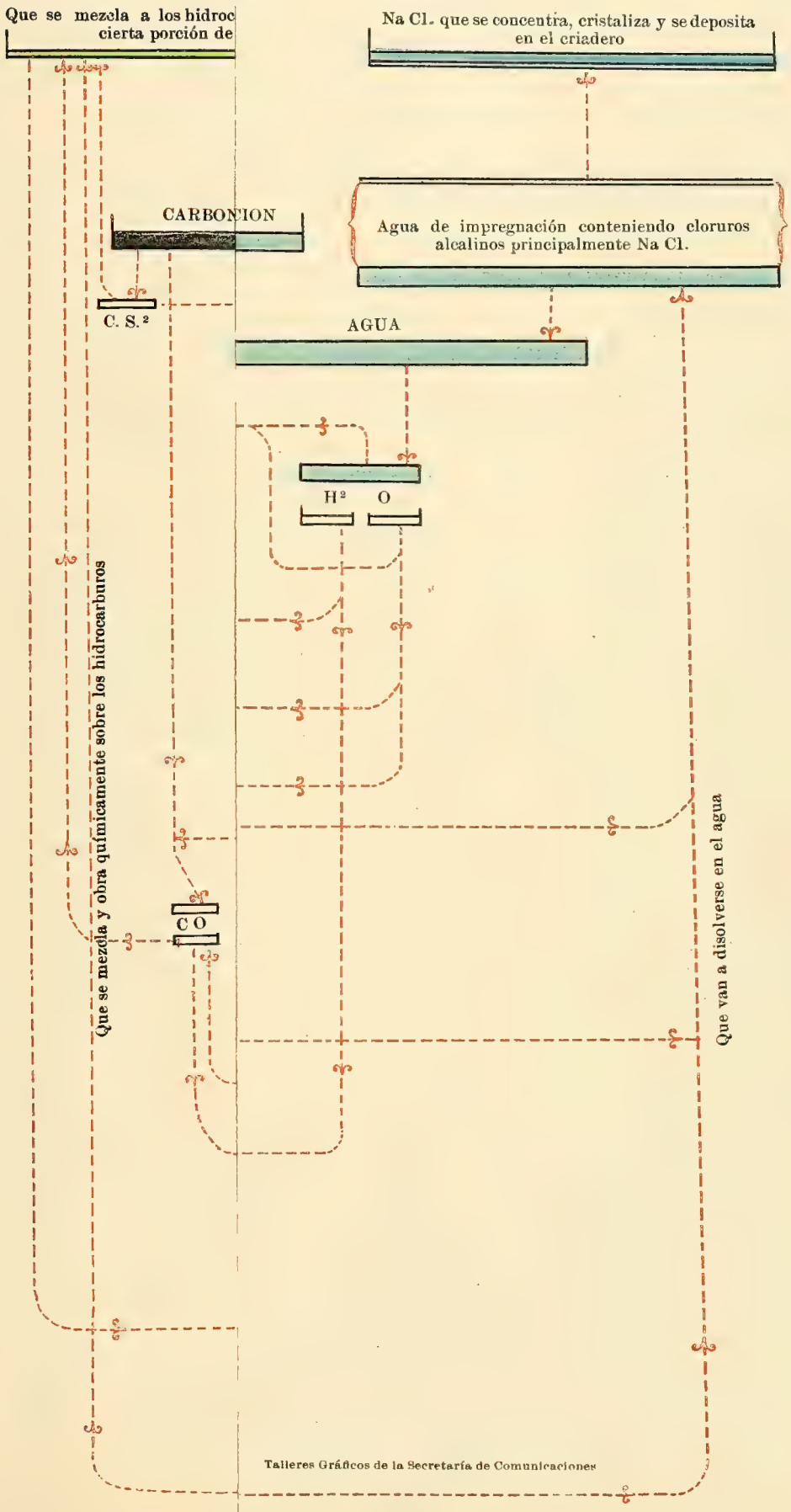
Primero.—Que el petróleo que se encuentra en el subsuelo de los terrenos petrolíferos, se debe a un metasomatismo de los mantos de carbón bajo la influencia de las fuerzas exteriores, modificadas por su paso por los materiales de los estratos, fuerzas que producen la disociación del agua que es la fuente principal del hidrógeno; el oxígeno que resulta viene a obrar igualmente sobre los diversos materiales para producir los particularidades geológicas–minerales que se observan en los criaderos petrolíferos.

Segundo.—Que la materia orgánica muerta que proviene de los vegetales tanto terrestres como marinos, son la fuente principal del carbón del que se deriva el petróleo y los gases combustibles que lo acompañan.

Tercero.—Que los fenómenos que se verifican en el interior de los estratos para producir el petróleo, son muy parecidos a los que se verifican durante la vida de los vegetales y que deben obedecer a leyes semejantes, siendo casi seguro que en la formación de los criaderos metalíferos intervienen las mismas fuerzas, que contribuyen para la formación del petróleo como me lo propongo demostrar cuando publique mi teoría sobre formación de los yacimientos minerales que tengo en preparación.

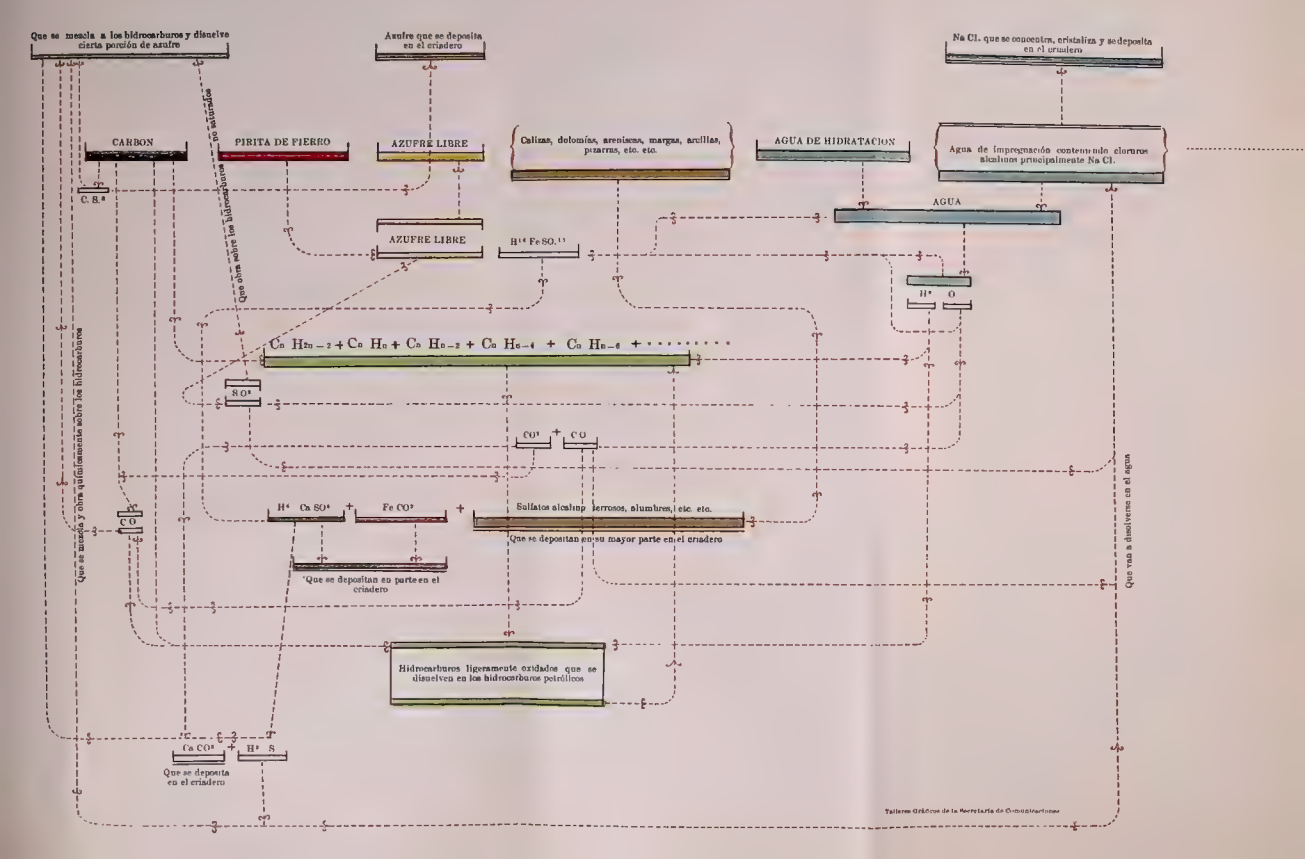
Cuarto.—Que las fuerzas que intervienen son las mismas o muy semejantes que las que intervienen en todos los fenómenos biológicos, lo que tiende a demostrar la unidad de las fuerzas y de la materia, lo que está de acuerdo con las ideas filosóficas admitidas actualmente por la inmensa mayoría de los sabios, no habiendo ninguna diferencia esencial entre las fuerzas que operan los fenómenos geológicos y las diversas fuerzas que hoy se admiten, como las físicas, químicas, biológicas, geológicas y mecánicas, cuya clasificación artificial debe aún subsistir por algún tiempo, aunque sea transitoriamente, sobre todo, para la enseñanza en las diversas ramas de la Ciencia.

CUADR una gran presión, en receptáculos im-
pe los estratos del criadero y acumula-
da ue se van verificando por turnos y len-
tar



Talleres Gráficos de la Secretaría de Comunicaciones

CUADRO esquemático de las reacciones finales que deben verificarse en los criaderos petrolíferos, a una gran presión, en receptáculos impermeables, bajo la influencia de las fuerzas exteriores, modificadas por su paso al través de los estratos del criadero y acumuladas en ellos, hasta adquirir la tensión suficiente para hacer posibles las reacciones indicadas, que se van verificando por turnos y lentamente, según las bases expuestas en el Capítulo IV de esta obra.



CAPITULO V

Geología de los terrenos petrolíferos mexicanos

Entre los diversos estudios que se han publicado sobre la geología de los terrenos petrolíferos de los Estados de Veracruz, Tamaulipas y San Luis Potosí, que hasta ahora son los más conocidos, la mayoría de los autores coinciden en clasificar las formaciones petrolíferas en dos grupos principales que corresponden a las eras Mesozoica y Cenozoica, estando estas formaciones cubiertas en varios lugares por series de estratos de poca potencia, correspondientes a los períodos Cuaternario y reciente.

Todas estas formaciones se encuentran dislocadas por la intrusión de rocas volcánicas modernas, atravesadas por diques de rocas eneptivas modernas y recubiertas superficialmente en gran parte por derramamientos o corrientes de lavas, que la erosión subsecuente ha hecho desaparecer en muchos lugares en grandes extensiones.

Esta asociación de rocas sedimentarias y rocas volcánicas modernas ha hecho pensar que debe existir en estos yacimientos petrolíferos una influencia muy marcada ejercida por las rocas volcánicas sobre las substancias petrólicas que se han llegado a transformar en hidrocarburos de las series del petróleo, o por lo menos, que han influído de una manera decisiva para su acumulación.

Para darse cuenta cabal de las formaciones, habría que emprender un estudio sobre una porción muy basta del territorio nacional, trabajo que no se ha hecho de una manera sistemática por el Instituto Geológico de México, que es el único que teóricamente se encuentra capacitado para emprender trabajos de esta naturaleza, así es que me voy a contentar con reunir varios de los datos dispersos que se encuentran en las publicaciones de esta Institución, y completarlo con mis datos recogidos personalmente y las observaciones de varios ingenieros y geólogos que se han ocupado de este asunto tan importante y cuyas opiniones en general acepto.

Al estudiar la carta de la República Mexicana se observa una diferencia notable entre las formaciones de la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre Occidental; en la primera, las formaciones dominantes son Cretácicas habiendo relativamente muy pocas manifestaciones superficiales de rocas ígneas, mientras que en la Sierra Madre Occidental dominan las rocas ígneas volcánicas, existiendo además, porciones de rocas holocristalinas, principalmente en los Estados de Oa-

xaca y Guerrero, y en la parte Sur del Estado de Michoacán y del de Puebla, etc., etc.; consultése la carta geológica de la República.

La mayor parte de las formaciones superficiales que se pueden determinar dentro del área comprendida entre las dos ramas principales de la Sierra Madre pertenecen a la era Cuaternaria, apareciendo áreas Cretácicas extensas y manchas mucho menos importantes por su extensión, de las formaciones Jurásicas y Triásicas correspondientes a la era Mesozoica.

Bordeando a la costa del Golfo de México nos encontramos una faja estrecha de formaciones Cuaternarias interrumpida únicamente entre Champotón y Celestún, en donde aparecen las formaciones del Terciario que constituyen la mayor parte de las formaciones de la península de Yucatán, que se continúan en otra faja estrecha interior paralela a las de las formaciones Cuaternarias de la costa del Golfo, ensanchándose hasta llegar al Río Bravo, entre las poblaciones Frontera, Reynoso y Guerrero.

Los terrenos o formaciones del Cretácico vienen apareciendo en toda la Sierra Madre Oriental tanto en sus faldas orientales como en las occidentales, que se van ensanchando ampliamente hasta el Río Bravo del Norte; estas formaciones que se extienden hasta las faldas de la Sierra Madre Occidental, se encuentran cubiertas en una grande extensión por formaciones Cuaternarias y recientes de poca potencia y paralelamente a las faldas orientales de la Sierra Madre Occidental, por grandes derrames de lavas volcánicas que constituyen la mayor parte de los macizos montañosos de la Sierra Madre Occidental; por último, a lo largo de las costas continentales del Golfo de California aparece una faja de formaciones Cuaternarias que desaparecen en una gran extensión intermedia de la costa del Pacífico situada entre Manzanillo y Maruata, continuándose allí la costa con formaciones de rocas ígneas entre las que domina el tipo holocristalino hasta más allá de Salina Cruz, en donde aparecen de nuevo las formaciones Cuaternarias prolongándose a la República de Guatemala y más lejos, en una gran extensión de la América Central.

En las diversas formaciones del Cuaternario aparecen supercialmente manchones diseminados de formaciones Jurásicas, Triásicas, que indican que en el subsuelo a una profundidad más o menos grande, según las localidades, existen dichas formaciones aunque no afloren en la superficie, habiendo algunos lugares, muy escasos por cierto, en donde afloran algunas formaciones de la era Paleozoica, de los períodos Devonio y Carbonífero.

Aquí me ha parecido oportuno extractar del Bosquejo Geológico de México, publicado en el año de 1897 en los Boletines del Instituto Geológico de México, núms. 4, 5 y 6, los datos más interesantes para dar una idea aproximada sobre las relaciones que puedan tener las formaciones de los diversos períodos geológicos en que se ha dividido la historia de la Tierra, respecto a los yacimientos

CARTA OROGRÁFIGA

DE LA

REPUBLICA MEXICANA

INSTITUTO GEOLÓGICO DE MÉXICO

ESCALA.-1 : 6.500,000

MEXICO, 1918

Dibujó, A. Rábago.

CARTA OROGRÁFIGA

DE LA

REPUBLICA MEXICANA

INSTITUTO GEOLÓGICO DE MÉXICO

ESCALA.-1 : 6.500,000

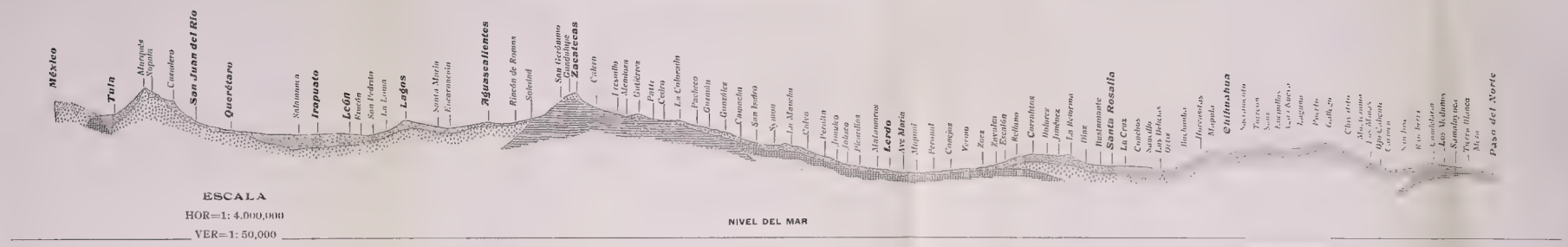
MEXICO, 1918

Dibujó, A. Rábago

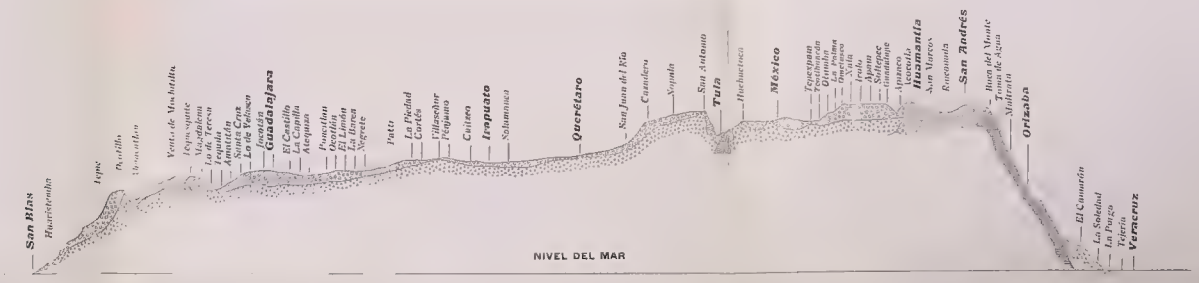
DEL NORT

Mapimí
Peronal
Conejos
Vermo
Zuez
Zavalza
Escalón
Rellano
Corralitos
Dolores

PERFIL DE MEXICO A PASO DEL NORTE



PERFIL DEL CAMINO DE SAN BLAS A VERACRUZ



PIZARRAS CRISTALINAS

ROCAS ERUPTIVAS POS-CRETACEAS

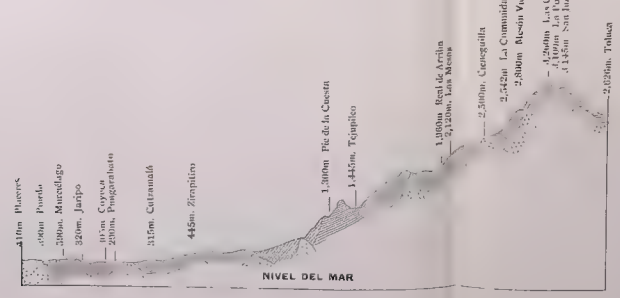
CUATERNARIO

TERCIARIO

CRETACEO

PERFIL DEL CAMINO DE TOLUCA A LOS PLACERES

ESCALA
HOR=1: 1.000,000
VER=1: 50,000



ANDESITAS DE HIPERSTENA Y DE HIPERSTENA Y HORNBLENDA

TOBAS BOLCANICAS

CONGLOMERADO ROJO TERCIARIO

CALIZAS Y PIZARRAS DEL CRETACEO INFERIOR

MICAPIZARRAS Y PIZARRAS ARCILLOSAS

petrolíferos mexicanos, haciendo algunas alteraciones para corregir errores que han pasado desapercibidos, a causa de que entre nosotros no se conoce la crítica, sobre todo, cuando se trata de publicaciones oficiales, lo que permite que se propaguen, por un período de tiempo muy largo, errores de apreciación general, que se toman casi siempre como verdades adquiridas para la ciencia.

Las costas mexicanas en el Golfo de México afectan la forma de un gran segmento de elipse que principia aproximadamente en un punto que tiene la latitud de 26° Norte y una longitud Este de 1°45′ del meridiano que pasa por la ciudad de México, terminando en un punto de la costa de Yucatán, cuya latitud es de 21° Norte y longitud al Este del meridiano de México de 8°45′, prolongándose hacia el Este la costa de Yucatán en una línea sinuosa hasta un punto cuya longitud Este es de 12°14′ y latitud Norte de 18°14′ en la frontera con Belice.

Haciendo caso omiso de la península de la Baja California, que bajo el punto de vista geológico, es una faja de tierra separada de la masa continental mexicana por el Golfo de California, que presenta en su estructura geológica y tectónica los mismos caracteres morfológicos que las demás costas del Pacífico del Continente Americano. La línea ondulada de la costa continental de la República de México en el Golfo de Cortés o Baja California principia un poco al Norte de Puerto Isabel cuya longitud Oeste es de 16°32′ y latitud Norte de 31°50′ siguiendo una dirección general que forma un ángulo de unos 45° con los meridianos, hasta un punto intermedio entre los puertos de Maruata y Sihuatanejo que tiene aproximadamente una latitud Norte de 18° y 3° de longitud, al Oeste del meridiano de México, de allí parte al Este Suroeste otra línea muy poco sinuosa que termina en Puerto Angel, cuya latitud aproximada es de 15° Norte y longitud al Este del meridiano de México 2°38′ de este último punto la costa que pertenece ya al Istmo de Tehuantepec, tiene la forma de un arco elíptico cuya convexidad está del lado de la tierra y que termina en Suchiate, en la frontera con Guatemala, cuya latitud Norte es de 14°25′ y su longitud al Esto del meridiano de México es de 6°54′ aproximadamente.

La orografía y relieve general del territorio que actualmente se conoce como República Mexicana, puede describirse como una serie de mesetas centrales escalonadas, y no una sola como alguien ha considerado a este conjunto de escalones, que se encuentran comprendidos entre las dos cadenas principales de montañas que hemos designado con los nombres de Sierra Madre Oriental y Sierra Madre Occidental que se encuentran separadas de los océanos respectivos por fajas angostas, generalmente planas de las costas, fajas costeñas que se van estrechando gradualmente hacia el sur del Continente. (Veanse los perfiles.)

Estas dos cadenas de montañas se reunen en la parte meridional, o mejor dicho en la parte sur del país, precisamente en el territorio del Istmo de Te-

huantepec en donde su altura es insignificante, degenerando en colinas y hasta lomeríos; por consecuencia, en la región del Istmo en el pueblo de Santa María, casi desaparecen hacia el oriente a medida que se van levantando hacia el poniente para ramificarse en sus dos brazos principales que afectan la forma de una V. para constituir las dos Sierras Madres que se van elevando gradualmente hasta adquirir alturas superiores a 3,000 metros en la Mesa Central: estas dos ramas colosales de la Sierra Madre se continúan en el territorio de los Estados Unidos del Norte, bajo los nombres de Montañas Rocallosas y Sierra Nevada, en donde vuelven a presentar alturas considerables.

Después de la reunión de estas montañas se continúan al sur del continente sumamente atenuadas hacia la América Central

La meseta de Yucatán, que se eleva a unos 30 o 40 metros sobre el nivel del mar, es un fragmento de las formaciones Terciarias que indudablemente ocuparon toda la superficie invadida actualmente por las aguas del Atlántico que constituye el Golfo de México. Este es un punto muy interesante que se debe tener presente, al discutir la distribución y acumulación del petróleo en los yacimientos petrolíferos mexicanos de la Costa del Golfo.

La serie de mesas comprendidas entre las dos cadenas de montañas que se designan entre nosotros con el nombre de Sierras Madres, presentan una inclinación hacia el N. N. E. y se encuentran separadas unas de otras por las sierras secundarias que tienen una dirección de E. a O.

La Mesa del Anáhuac, que es la que mejor se conoce, presenta dos escalones principales, el primero a una altura de más de dos mil metros sobre el nivel del mar, en donde se encuentran edificadas las ciudades de México, Puebla y Toluca, y el escalón del Bajío que tiene aproximadamente unos 1,700 metros de elevación sobre el nivel del mar; siguiendo otros varios escalones hasta llegar a una altura de unos 600 metros cuando menos.

Esta serie de escalones constituyen una característica topográfica de esta porción del Continente Americano del Norte que se conoce bajo la denominación de República Mexicana; esta serie de escalones que algunos han denominado mesetas, se subdividen a su vez en otras de segundo, tercero y cuarto orden, separadas entre sí por las ramificaciones montañosas secundarias que parecen desprenderse de las dos Sierras Madres; estas ramificaciones de las Sierras Madres también se observan en los terrenos costeros de ambos Océanos. El descenso gradual de las mesetas y los puertos y gargantas de las partes montañosas que se encuentran en las interrupciones de las cadenas limítrofes, establecen comunicaciones fáciles, aunque de pendiente rápida, con las tierras bajas de las costas que rodean los vertientes de las mesas, las cuales sirven para dar paso a las corrientes de los ríos hasta el mar Atlántico en la costa oriental y hasta el Océano Pacífico en las costas occidentales; quedando en apariencia desprovista de drena-

olima

El Trapiche

El Parián

San Jerónimo

A ZAPOT

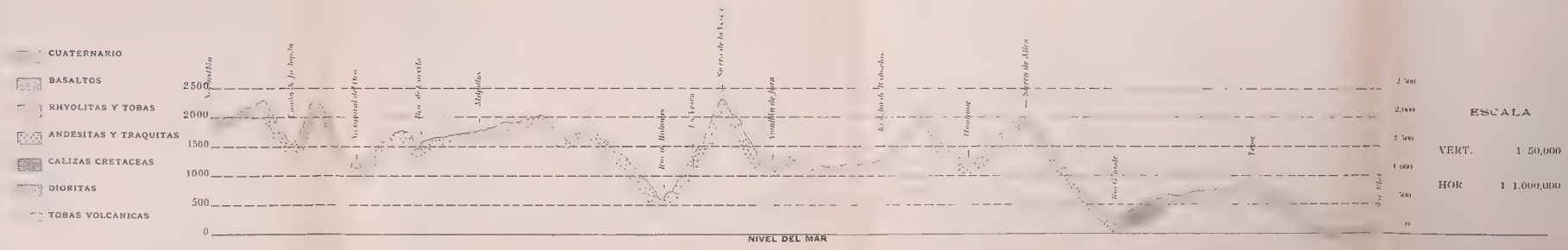
PERFIL DE MANZANILLO A ZAPOTLAN

ESCALA

HOR. 1:100,000

VERT. 1:25,000

PERFIL DE NOCHISTLAN A SAN BLAS

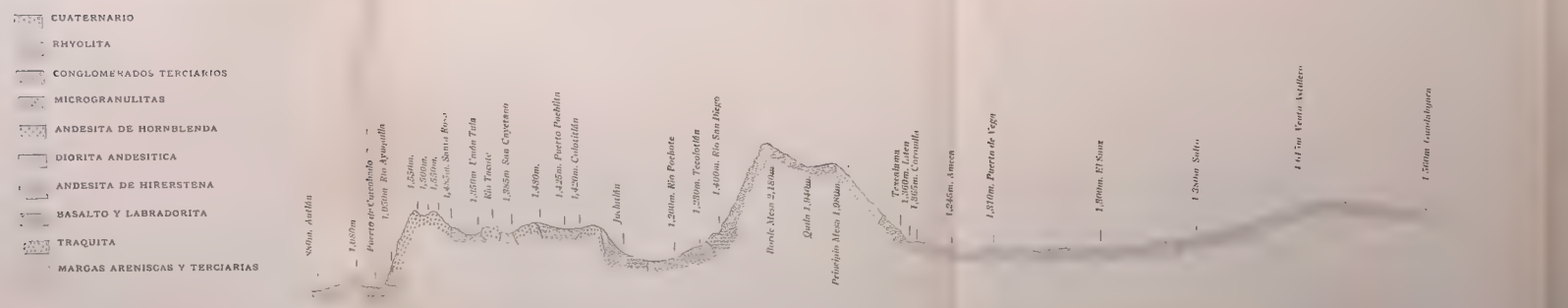


ESCALA

VERT. 1 50,000

HOR 1 1.000,000

PERFIL DE AUTLAN A GUADALAJARA



ESCALA

HOR 1 500,000

VERT. 1 25,000

je superficial solamente una porción de estas mesas que se designan con el nombre de Bolsón de Mapimí; existía hasta hace unos 25 años una cuenca cerrada, desprovista de desagüe superficial, dentro del Valle de México, la porción conocida con el nombre de Distrito Federal; y una fracción del Estado de México, en donde se encontraban los lagos de Xaltocán, Zumpango, Texcoco, Xochimilco y Chalco, que también en gran parte están dentro de los límites del Estado de México, pero a consecuencia de las obras monumentales del Desagüe de la ciudad de México, se ha logrado hacer salir estas aguas al Atlántico.

Siendo los escalones-mesetas la depresión que separa a las dos Sierras Madres, se ha hecho sentir en su área los principales efectos de las fuerzas geológicas y la erosión y transporte de los materiales superficiales, dejando a descubierto una parte de las formaciones sedimentarias antiguas, neptunianas y plutónicas, que constituyen la formación más antigua (?) geológica, propiamente dicha, así como por el contrario, los depósitos sedimentarios o de acarreo de las formaciones Cuaternarias ocultan en varios lugares la existencia de las formaciones más antiguas del Paleozoico, Mesozoico y Terciario. Esta depresión se acentúa más y más hacia el norte, a medida que adquiere mayor anchura: al sur, a medida que las montañas que constituyen las Sierras Madres se aproximen entre sí, va siendo menor la depresión la que llega a desaparecer como en la región oriente del Istmo de Tehuantepec, en donde realmente no existen ni huellas de las mesetas centrales.

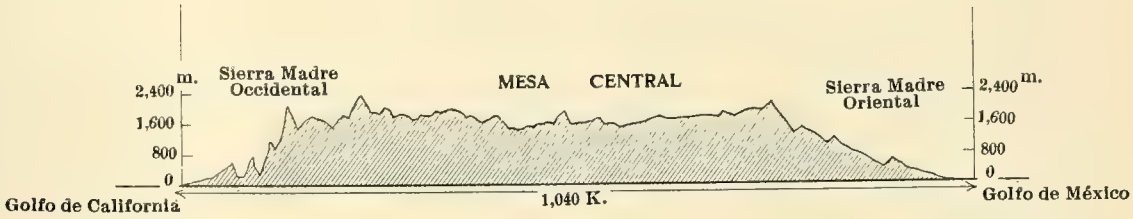
Las cadenas de montañas que el Barón de Humboldt denominó Andes Mexicanos correspondiendo a las macizas montañas de la Sierra Madre Occidental, probablemente por la gran altura que adquieren en la parte central de nuestro territorio y por encontrarse en ellas algunos de los volcanes más altos de la América del Norte, no pueden considerarse, en mi concepto, bajo el punto de vista de su formación y de su continuidad, como la prolongación de la gran cadena de montañas de la América del Sur, que se conoce con el nombre de Cadena de los Andes, la cual comienza en Patagonia y recorre todo el continente paralelamente a la costa del Océano Pacífico, después de haber experimentado varias depresiones, correspondientes naturalmente las depresiones de mayor importancia a los numerosos Istmos de la América Central, esta última región, es probablemente de formación mucho más reciente, o emergida de las aguas oceánicas mucho después que existían los dos continentes norte y sur que integran la masa continental de las Américas, por consecuencia la formación de estas cadenas montañosas de la América del Norte y de la América del Sur tienen que ser independientes, aunque su origen tectónico sea semejante, puesto que se trade un fenómeno geológico universal.

Para dar una idea general de las dimensiones e importancia del relieve, a alta de mejores datos, tomo los cortes hechos por los geólogos Sres. Aguilera y

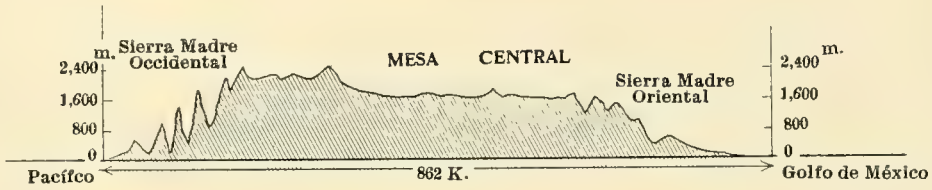
Ordóñez, siguiendo los paralelos de 25°, 23°, 21° y 19° en estos cortes se puede apreciar las diversas alturas de las mesetas o escalones que constituyen la zona central de la República Mexicana; en estos cortes, que no son muy exactos, se pueden apreciar los cambios de relieve de la mesa continental en esta parte de la América del Norte, desgraciadamente no existen otros cortes intermedios para poder sacar algunas consecuencias sobre la Tectónica pero confirman las ideas generales que se han bosquejado sobre el relieve general de la República Mexicana. (Figs. núms.)

Tomando en conjunto las formaciones geológicas que aparecen en la superficie, se pueden considerar tres partes principales: la primera, que se considera como de formación más antigua, sin que haya datos perfectamente comprobados, fuera de sus caracteres petrográficos y que es la menos extensa, aparece constituída por macizos de rocas ígneas granítico-gnéisicos y esquistos que ocupan una porción importante del territorio sureste del país; en los Estados de Chiapas, Oaxaca, Guerrero y parte sur de Puebla; apareciendo como una faja angosta interrumpida a grandes trechos sobre las costas del Pacífico desde Unión Juárez hasta Peña de Reyes en la Bahía de Banderas; en la parte central del Estado de Sinaloa se encuentra igualmente una extensa formación de esta misma naturaleza; en el Estado de Sonora se encuentran igualmente varios manchones de rocas ígneas holocristalinas; todavía más raras son estas formaciones en la Sierra Madre Occidental que atraviesa el Estado de Chihuahua. En la faja central en donde se encuentran las mesetas o escalones de que he hablado al principio de este Bosquejo, se encuentran formaciones de rocas ígneas holocristalinas, de poca importancia tanto en Guanajuato, San Luis Potosí, Pinos, Fresnillo, Catorce, como en algunos otros lugares del país, que no se han localizado con precisión, probablemente a causa de no ocupar áreas extensas.

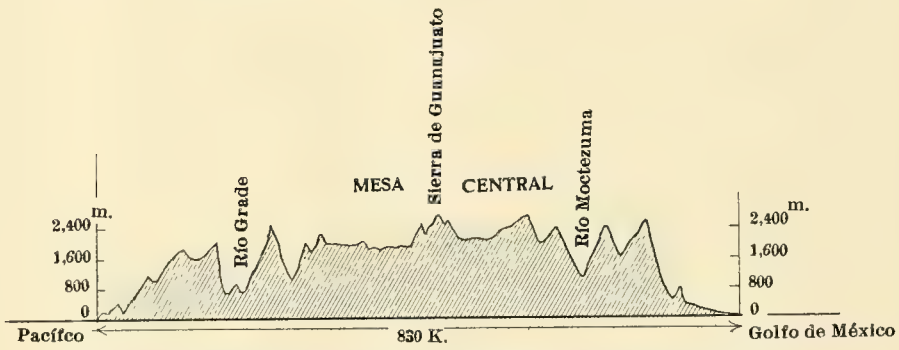
En la Sierra Madre Oriental las manifestaciones de las rocas ígneas holocristalinas son muy escasas, sobre todo en la vertiente del Golfo de México, siendo las más notables las de Casas que se extienden hacia el norte hasta Villagrán; pudiendo agregar como digna de un estudio serio la formación de Molango en el Estado de Hidalgo. La segunda parte integrante, que es la más extensa, cubriendo las tres cuartas partes de la superficie total de la República, constituída principalmente por formaciones sedimentarias en las que dominan las formaciones Cretácicas y Cuaternarias, encontrándose dentro de ella algunas áreas no muy extensas de formaciones Jurásicas y afloramientos aun más escasos de las demás formaciones correspondientes a los divisiones de las eras Mesozoica y Paleozoica, por último, la tercera parte que ocupa una área un poco menor que la tercera parte de la anterior, y cuya importancia en la Tectónica de esta parte del continente, representa un papel predominante, está compuesta de rocas ígneas volcánicas pertenecientes a la serie que se ha convenido en llamar Moderna, distribuí-



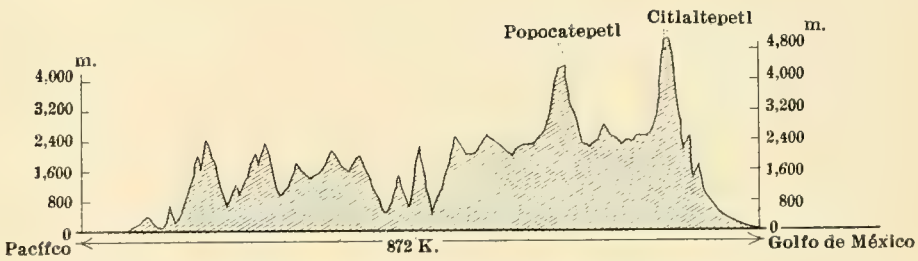
CORTE TRANSVERSAL DE MEXICO SEGUN EL PARALELO 25°



CORTE TRANSVERSAL DE MEXICO SEGUN EL PARALELO 23°



CORTE TRANSVERSAL DE MEXICO SEGUN EL PARALELO 21°



CORTE TRANSVERSAL DE MEXICO SEGUN EL PARALELO 19°

das principalmente a lo largo de la cadena más importante de montañas del país, que se conoce con el nombre de Sierra Madre Occidental o del Pacífico, ligándose principalmente a la Sierra Madre Oriental por medio de cadenas montañosas transversales que surcan las tierras de los Estados de México, Querétaro, Puebla, Veracruz, Michoacán, etc., etc., en el Estado de Tamaulipas, como en los de Nuevo León y Coahuila, así como en la parte oriente del Estado de Chihuahua, existen manifestaciones volcánicas superficiales, escasas y muy diseminadas.

Estos tres grupos de rocas forman en total el territorio de la República Mexicana de sus relaciones mutuas, se han originado transformaciones y acumulaciones de las fuerzas exteriores que han producido y producen una multitud de fenómenos que vamos a estudiar, especialmente los que se refieren a los yacimientos petrolíferos no concretándonos al solo estudio de los terrenos en que arman o se encuentran contenidos dichos criaderos, como lo han hecho los que han escrito sobre este importante asunto.

TERRENO PRIMITIVO

Las rocas Arcaicas de México, son bastante numerosas, presentan en las formaciones transiciones de unas a otras bastante fáciles de apreciar, en la mayoría de los casos; estos terrenos están representados en la Carta Geológica que se adjunta por el color rosado.

En los Estados de Guerrero y de Oaxaca, así como en el sur del de Puebla, es en donde se manifiestan con claridad estas formaciones; las rocas que las integran, las catalogaremos según el orden de su sobreposición, que probablemente es el de su antigüedad, comenzando con las más profundas, tenemos:

a.—Granito, granito porfiroide y gneises.

b.—Fílades gneísicas, que descansan directamente sobre las anteriores.

c.—Micapizarras, abundantes, en algunos lugares muy cargadas de granate, presentando en algunas áreas perfecta concordancia con las fílades gneísicas.

d.—Fílades muy arcillosas en la parte superior de la formación, cuya proporción en arcilla va disminuyendo hacia la base gradualmente, la estructura de estas rocas, varía de perfectamente apizarrada a esquistosa. Este grupo descansa sobre cloritapizarras, cericitapizarras y amfibolapizarras, que a su vez se apoyan en las fílades gneísicas del grupo *b.*

Todas estas rocas, que los antiguos geólogos consideran como de formación Neptuniana, o en términos más claros, como sedimentarias, cosa que no ha sido probada hasta ahora; se encuentran atravesadas y recubiertas en varios lugares por rocas eruptivas, que a continuación se enumeran por el orden de la antigüedad que se les supone, estas erupciones se cree que se verificaron antes de terminar la era Paleozoica.

e.—Granito gneísico que pasa a granito porfiroide, que atraviesa las micapizarras sin llegar a las filades del grupo *d;* estas rocas aparecen claramente en el noroeste de la República, especialmente en la Municipalidad de Caborca, perteneciente al distrito del Altar, en el Estado de Sonora.

f.—Granito propiamente dicho y otro de grandes elementos o sea granito gráfico, que corta a las micapizarras y filades de los grupos *a*, *b* y *c*; visible en muchos lugares en que se encuentra el terreno primitivo, tanto al noroeste como al sur y en el centro del país.

g.—Granulitas que cortan a todas las rocas de la formación del Arcaico.

h.—Granito hornbléndico, muy abundante, principalmente en forma de diques potentes y bajo la forma de protuberancias de dimensiones muy considerables, que constituyen verdaderos macizos montañosos.

i.—Pegmatita común que pasa a granito gráfico, en diques numerosos que cortan a todas las rocas enumeradas.

Parece que ha habido dos épocas distintas de erupción de rocas pagmatíticas, la más antigua que se verificó en el área arcaica, que sólo atraviesa al granito gneísico, a las micapizarras y a las amfibolitapizarras; y a la segunda que abraza una gran área, que corta a todas las rocas que se consideran como pertenecientes al Arqueano, es muy visible tanto en las regiones del noroeste, como en la parte central y sur del país.

j.—La Hialomita o Greissen, se encuentra asociada a los granitos, bajo la forma de criaderos de segregación.

l.—Dioritas en diques y ramificaciones muy numerosas que vinieron a cortar a las formaciones descriptas, por consecuencia, son las rocas eruptivas más modernas del Arcaico, presentándose en abundancia en el sur de Puebla y norte de Oaxaca y Guerrero.

DISLOCACIONES

Las formaciones de la Era Arcaica se encuentran plegadas y dislocadas presentando muchos anticlinales y sinclinales de las más variadas dimensiones, los ejes de los anticlinales y de los sinclinales presentan direcciones comprendidas entre 20° y 45° N. O. S. E. con echados al N. E. o S. O., presentando inclinaciones las diversas capas entre 5° y 75°. El plagamiento de todas estas capas, es anterior probablemente, al depósito de los varios terrenos sedimentarios bien definidos, que se mencionan como existentes en la porción central del país y las fajas costeñas o de los litorales.

En todos estos terrenos se encuentra un gran número de criaderos minerales de fierro, principalmente hematitas y fierro magnético, acompañados de todas las variedades de los minerales de fierro, que desgraciadamente no se han estudiado con cuidado, pues a pesar de las opiniones de varios geólogos reputados,

tienen una importancia económica sumamente grande, aunque resulte que muchos de esos criaderos son yacimientos Cretácicos, cosa que pongo en duda. Existen también armando en las rocas arqueanas numerosos yacimientos auríferos, en las que dominan las piritas de fierro y de cobre con matriz de cuarzo careado; los plomos argentíferos también se presentan en estos terrenos en gran abundancia.

TERRENOS PALEOZOICOS

Los terrenos que forman el grupo Paleozoico están apenas representados en la República Mexicana, aunque es probable que existen representantes entre las formaciones sedimentarias de varias de las subdivisiones, aunque hasta ahora, sólo se hayan logrado identificar por sus fósiles algunos que pertenecen a los períodos Carboníferos y al Devoniano (?) en cuanto a las formaciones del Siluriano los datos son tan vagos que realmente no se puede afirmar nada sobre su existencia.

Las rocas que se clasifican como pertenecientes al período Carbonífero de las formaciones mexicanas, son calizas y dolomías, que según el estudio de Saper, descansan en extratificación concordante sobre los estratos de Santa Rosa, en el Estado de Chiapas, entre Chicomucelo y Motozintla, formaciones carboníferas que se prolongan hacia el Oeste a la vecina República de Guatemala. Estos estratos de Santa Rosa son unos lechos de pudingas calizas cementadas con siliza o margas; existen además, otras pudingas, areniscas y pizarras de color rojo, que dicho señor considera como Devonianas (?) o Carboníferas.

Se han referido al Carbonífero superior, las calizas que se encuentran en las sierras de Nuevo León, y Coahuila, como la del Cerro del Mercado, junto a Monclova, que forma parte de la sierra de la Gloria, la sierra de Gómez y la sierra de la Iguana, fundándose en el estudio de unos cuantos fósiles bastante incompletos y maltratados, que el Profesor Heilprin, haciendo constar que el mal estado de los fósiles no permitía una determinación específica segura, declaró que pertenecían a la familia de los Aviculides y con probabilidad a los géneros Pterinopecten, Actinoptera y Leioptera, que existieron desde el Siluriano al Permiano, pero que él aceptaba, como más probable, que fuesen formas devonianas o carboníferas.

Se han referido al carbonífero por algunos geólogos varias de las calizas cretácicas de los Estados de Durango y Coahuila y las calizas que contienen capas de hulla en los distritos de Acatlán y Matamoros Izúcar, del Estado de Puebla; siendo lo más probable que estas últimas calizas sean Triásicas, aunque hay razones para referirlas al Liásico.

Las formaciones de los terrenos que se pudieran referir a las diversas divisiones de la era Paleozoica se encuentran imperfectamente estudiadas y no es

posible afirmar nada sobre su importancia con excepción del carbonífero de Chiapas estudiado por Saper.

TERRENOS SECUNDARIOS O MESOZOICOS

Las diversas formaciones sedimentarias que reunidas constituyen la era Mesozoica, no están todas representadas por lo menos en la superficie, en el amplio territorio de la República Mexcana, no han sido estudiadas con cuidado para poder separarlas, como es mi opinión personal, las que han sido determinadas pertenecen a las últimas subdivisiones de los períodos Tríasico y Jurásico, mientras que las series del Cretácico se encuentran casi completas, habiendo algunas subdivisiones, especiales mexicanas, que merecen un lugar prominente en nuestra Geología Nacional.

Las formaciones que corresponden al sistema Tríasico en su subdivisión superior, se encuentran representadas en varios lugares de nuestro territorio sin ocupar grandes extensiones superficiales, en la carta adjunta están representados por el color violado.

Las rocas que se consideran como formando los estratos del Triásico Superior, son una serie de areniscas cuarzosas y pizarras arcillosas, cuya textura y composición varían mucho; las primeras se presentan ofreciendo una textura granuda sumamente fina, pasando gradualmente hasta las brechas formadas de gravas, variando el cemento que puede ser silizoso, calizo, margoso y arcilloso, y según las texturas se modifica la estructura, que se hace más apizarrada a medida que el grano es más fino; en cuanto a las pizarras, la textura varía desde la pelítica, que les comunica cierta apariencia de esteatitapizarras hasta la psamítica; en la base se presentan con mucha frecuencia las areniscas cuarzosas y las margosas y arcillosas en la parte superior, en cuanto a las pizarras su composición varía desde la arcillo–pizarra pura en la base de la formación hasta las pizarras arcillo–margosas, en esta última zona degeneran las rocas en margas apizarradas o esquistos margosos; en la parte superior del yacimiento aparecen cargados los esquistos y areniscas de laminitas de mica que las hacen pasar a verdaderas psamitas, finalmente, aumentando la proporción de carbonato de cal termina la serie de pizarras, sobre las cuales se depositan en algunos lugares verdaderas pizarras calizas.

La consistencia de estas rocas varía de acuerdo con su composición y bajo la influencia de las rocas ígneas, al de areniscas cuarzosas muy resistentes que presentan el aspecto de verdaderas cuarzitas por el metamorfismo y metasomatismo, siendo por lo general bastante tiernas y desmoronadizas; las pizarras también presentan variantes como consecuencias del metamorfismo producido sobre ellas por el contacto con las rocas ígneas, pues cambian la textura pizarreña y hojosa, más o menos perfecta, convirtiéndola en rocas macizas de crucero pizarreño muy imperfecto.

El color de estas rocas varía en las areniscas del gris más o menos claro, a diversos tonos del rojo y del amarillo, y en las pizarras, del gris ceniciento al negro agrisado en la parte inferior y media del yacimiento, y en la parte superior, del negro de diversos tonos a los variados e irregulares de los colores abigarrados, que remedan perfectamente el aspecto de las margas irisadas del Keuper.

El conjunto de estas rocas pertenecientes al Trías descansa directamente sobre los granitos en el Estado de Sonora y en la parte sur del Estado de Puebla, en donde abundan los granitos paleozoicos, y sobre las pizarras cristalinas en el distrito de Acatlán del Estado de Puebla, Huajuapan y Tlaxiaco, del Estado de Oaxaca.

Los fósiles contenidos entre los estratos de estas rocas, aunque sumamante abundantes, se han estudiado muy poco por nuestro Paleontologistas, y sólo nos atrevemos aquí a dar una lista de los más conocidos y estudiados, que han sido descriptos en varios de los Boletines publicados por el Instituto Geológico de México.

FLORA TRIASICA MEXICANA DE LA MIXTECA ALTA

(Boletín número 31)

Mertensides Bullatos	Bumbury.
Asterotheca Whitneyi	Newberry.
„ Irginensis	Fontaine.
Asplenium (Cladophibis) mexicanum	Newberry.
Lacopteris Emmonsi	Fontaine.
„ af. Munsteri	Schenk.
Andriania af. Baruthina	Bru.
Macroptaeniopteris elegans	Newberry.
„ magniflia	Newberry.
Gangamopteris americanus	Newberry.
Camptopteris Remondi	Newberry.
Equisetum af. Munsteri.	
Podozamites (?) crasifolia	Newberry.
Zamites Occidentalis	Newberry.
Otozamites Macombi	Newberry.
Ctenofilium Emmonsi	Newberry.
Dioonites af. rigidus	Andr.
Pterofilium delicatulum.	
„ fragile	Newberry.
„ robustum	Newberry.
Nilsonia polymorfa	Schenk.

Sphenozamites Rogersianus..... Fontaine.
Baiera radiata..... Newberry.
Palissaya af. Carolinensis..... Fontaine.

FAUNA MARINA DEL TRIASICO SUPERIOR DE ZACATECAS.—AMMONIDEA
(Botetín número 21)

Sirentes Smithi n. sp..... Buckhardt.
Trachycera n. sp..... „
Chionites sp..... „
Juvartes Mojsvari n. sp..... „
Palaeoncilo Zacatecana n. sp..... „
„ Longa n. sp..... „
„ Brorlir n. sp..... „
„ Zacatecana n. sp..... „
„ Burckhardt n. sp..... „
„ Trechi n. sp..... „
„ Villadae n. sp..... „
„ Mexicana n. sp..... „
„ Cardobae n. sp..... „
„ Triangularis n. sp..... „
„ Triangulares n. sp..... „
„ Aguilerae n. sp..... „
„ Quadrata n. sp..... „
„ Costata n. sp..... „

LIASICO HUAYACOCOTLA, VER., Y HUAUOHUANGO, PUEBLA
(Boletín número 34)

Podozamites distans (?).
Zamites Teneonis..... Brongr.
Otozamites cardiopteroides..... Wieland. (?)
„ Braun sp.
„ Regli..... Brongr.
„ Obtusus var liasicus..... Wieland.
„ Hesperdi..... Wieland.
„ Pterophilloides..... Brongr.
Ptilophyllum acutiforme..... Morris.
Ptitophyllum propincum..... Gopper.
Pterophyllum..... Brongr.
Helechos no clasificados.

Un hecho muy notable y que tiene una gran importancia, es el que en todas las localidades en donde afloran las rocas de este piso, se descubren capas de carbón, de expesor y calidad muy variables, unas veces las capas de carbón tienen apenas unos cuantos milímetros de grueso, otras, el carbón se presenta tiñendo apenas a las areniscas y pizarras entre las que vienen intercaladas, dotando a las pizarras de cierta cantidad de productos bituminosos, especialmente en las formaciones que se encuentran en el sur del Estado de Puebla y en la parte norte del Estado de Oaxaca, en donde en mi concepto, deben encontrarse probablemente en la profundidad, capas potentes de combustibles fósiles, cosa que se ha comprobado principalmente en el Estado de Sonora, y en algunos yacimientos del sur del Estado de Puebla, en donde la potencia alcanza 1 y 2 metros.

La calidad del carbón varía desde el carbón bituminoso, hulla grasa, hulla antricitosa, antracita, hasta antracita metamórfica pasando a grafita.

Los criaderos de fierro, principalmente de hematita, abundan en estas formaciones, pasando por diversos grados a los ocres de fierro; estas capas de mineral de fierro se encuentran más comunmente asociadas a las capas de pizarras.

Las formaciones del Trías, principalmente en Sonora, se encuentran atravesadas y dislocadas por las rocas eruptivas, como son las dioritas, las diabasas y particularmente las andesitas hornbléndicas.

Existen igualmente yacimientos en forma de vetas o de criaderos irregulares de minerales argentíferos y plomosos en contacto con las andesitas dislocadas por diques e intrusiones de riolitas o dioritas, rara vez diabasas.

SISTEMA JURÁSICO

Las formaciones que corresponden a este sistema, son muy poco conocidas en el país, pasando generalmente desapercibidas, por encontrarse casi siempre en estratificación concordante con las formaciones del Cretácico que las cubre, de tal manera que si no se atiende a sus fósiles, se les confunde con los terrenos de la base del Cretácico o sea el Cretácico inferior; otro tanto sucede con su carácter litológico, pues las rocas que los constituyen son calizas, rocas apizarradas arcillo-margosas y areniscas de diversos granos, estando caracterizada la parte superior de la formación por estratos de pizarras calizomargosas, y finalmente por pizarras calizas que se continúan en los pisos inferiores del Cretácico, siendo imposible sin el auxilio de la clasificación de los fósiles que contienen, marcar el límite entre los dos sistemas Jurásico y Cretácico.

El color de estas rocas varía del gris a diversos tonos del amarillento sucio hasta el violado; cuando la proporción de carbonato de cal es considerable, la roca presenta el color gris negruzco y el azulado, que también presentan ordinariamente las calizas Cretácicas.

Estas rocas descansan por lo general sobre las rocas Triásicas, mientras que

en algunos lugares se apoyan sobre las pizarras y filades del terreno primitivo. El Jurásico tan unido como está con el Cretácico ha participado de todos los trastornos y modificaciones que este último ha sufrido en el transcurso de los tiempos.

Sus caracteres paleontológicos se pueden identificar por la presencia de los siguientes fósiles de las formas que se conocen actualmente, que no son sino una fracción insignificante del total que se encuentra en los diversos estratos, siendo de lamentar que el Instituto Geológico de México no haya hecho todos los estudios necesarios sobre esta rica fauna y flora del período Jurásico.

Las formas que se conocen son:

Espongiae

Stellispongia bermensis	Etallon.

Echinodermata

Millericrismus policlonos	Felix.
Cidaris submarginata	,,
Acrocidaris nobilis	Agassiz.

Vermes

Serpula gordials	Schlotein.
Serpula tricarinata	Goldfuss.

Brachiopoda

Rynchonella lacunosa	Quenstedt.
,, ,, Var. Arolica	Oppel.
,, ,, af. Zieteni	Loriol.
,, ,, af. Monsalvensis	Gillieron.
Terebratula Repellini	d'Orbigny.
,, Dorembergi	Felix.
Waldheimia Catorcensis	Castillo et Aguilera.

Lamelibranquiata

Griphea Mexicana	Felix.
,, calceola Nebraseensis	Meck et Hayden.
Exogyra ptichodes	Felix.
,, spiralis	Goldfuss.
,, subplicifera	Felix.
Lima contolicosta	,,
Trigonia Sologureni	,,
Lucina Coetoi	Castillo et Aguilera.
Cyprimeria (?) Mexicana	,,
Goniomya Calerdoni	,,
Pleuromya inconstans	,,

Gasteropoda

Vermetus (Burtinella) Cornejoi	Castillo et Aguilera.

Cephalopoda

Nautilus Bukarti	Castillo et Aguilera.
Rhacophilites Calderoni	,,
,, (?) disputabile	,,
,, (?) Alamitosensis	,,
Arietites James-Danae	Barcena.
Haploceras carinata	Castillo et Aguilera.
,, Mazapilensis	,,
,, Catorcensis	,,
Stephanoceras pauciocostatus	Felix.
Perisphinces Alamitosensis	Castillo et Aguilera.
,, Dolfussi	,,
,, Monserrati	,,
,, af. Balderus	Oppel.
,, Colubrnus	Reinecke.
,, Mazapilensis	Castillo et Aguilera.
,, Transitorius	Oppel.
,, Felixi	Castillo et Aguilera.
,, Planula	Hehl.
,, Lauri	Castillo et Aguilera.
,, Phlicatilis	Sorwerbi.
,, Pousinensis Toluca fide	Bayle.
,, Potosinus	Castillo et Aguilera.
,, Flexicostatus	,,
Olcostephanus af. Portlandicus	Loriol.
Hoplites calixto var.	
,, Cohglani	Castillo et Aguilera.
,, Helprini	,,
,, Exceptionalis	,,
Aspidoceras Alamitosensis	,,
Aptychus Mexicanus	,,
Belemites af. Puzosi	d'Orbigny.
,, af. obeliscus	Phillips.

En la lista anterior parece que son más abundantes los fósiles correspondientes a las formaciones del Jurásico Superior; si se quiere hacer no un paralelo entre las formaciones caracterizadas en Europa por los fósiles semejantes, sino una identificación, cosa que en mi concepto es apartarse del buen camino, pues las di-

ferencias encontradas demuestran que las condiciones de vida en la zona tórrida deben haber sido bastante diferentes que las que existían en las zonas templadas y en las árticas; hay una circunstancia que debe llevarse en cuenta, y es que la mayor parte de las variedades nuevas que aparecen determinadas por los señores Castillo y Aguilera no son en su mayoría especies nuevas, sino rebautizos de variedades ya conocidas. A continuación pongo una lista de los fósiles mejor clasificados, que se han encontrado en las diversas formaciones que se atribuyen al Triásico, Jurásico y Cretácico, queriendo siempre los paleontologistas, encontrar semejanzas con los fósiles característicos de las diversas formaciones europeas, lo que trae muchas complicaciones, pues en las formaciones de los diversos pisos mexicanos se encuentran confundidas varias especies que se encuentran perfectamente separadas en las formaciones europeas y son allí características para cada piso, mientras que en las formaciones mexicanas son más bien origen de confusión.

JURASICO DE MAZAPIL, ESTADO DE DURANGO.—BOLETIN 23 DEL INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

Neumaria profulgens, n. sp.	Buckhardt.
,, Ordoñozi n. sp.	,,
Oppelia Bose n. sp.	,,
,, off. Nereus	Fontannes.
,, harpoceroides n. sp.	Buckhardt.
,, flexusa costata n. sp.	,,
Macrocephalites epigonus n. sp.	,,
Perisphicntes aff. cyclodorsatus	Moesch.
,, Mc. Laclandi n. sp.	Buckhardt.
,, Koemen	Stener.
Simoceras Aguilarae n. sp.	,,
,, Doublieri	d'Or.
Aspidoceras efr. acanthicum	Oppel.
,, quemadense n. sp.	Buckhardt.
,, contemporaneum	Favre.
,, Bispinosum Quenstadt	Zieten.
,, Mazapilensis n. sp.	Buckhardt.
,, Euomphaloides n. sp.	,,
Idoceras zacatecanum n. sp.	,,
,, Humboldti n. sp.	,,
,, Sub-Malleti n. sp.	,,
,, cfr. hospes	Neumayr.
Idoceras Laxovolutum	Font.

Idoceras Canalense n. sp.	Buckhardt.
„ Neogaeum n. sp.	„
„ Soteloi n. sp.	„
„ Mexicanum n. sp.	„
„ Balderum	Oppel.
„ Balderum	Loriol.
„ Santarosanum n. sp.	Buckhardt.
„ Figueroae n. sp.	„
„ Viverosi n. sp.	„
„ Cajense n. sp.	„
„ Inflatum n. sp.	„
Aulacostephanus Zacatecanus n. sp.	„
Aspidoceras afr. Inflatum binodus	Quensdt.
Philoceras consanguineum n. sp.	Buckhardt.
Oppelia cfr. trachynota	Font.
„ Strombecki	Oppel.
„ cfr. Nereus	Font.
Haploceras fialar	Oppel.
„ trasatlanticum n. sp.	Buckhardt.
„ Zacatecanum n. sp.	„
„ mexicanum n. sp.	„
„ Felixi n. sp.	„
„ Ordoñezi n. sp.	„
„ costatum n. sp.	„
Craspedites praecusor n. sp.	„
„ Mazopilensis n. sp.	„
Aspidoceras avellanoides	Uhlig
Waagenia, varias especies aun no terminadas.	
Phylloceras apeninicum	Carnavari.
Eutinoceras Zitteli n. sp.	Buckhardt.
Perisphinctes Aguilari n. sp.	„
„ cfr. Danubiensis	Schlosser.
„ transitorius	Oppel.
„ Nikitini	Mich.
„ santarosanus n. sp.	Buckhardt.
„ Victoris n. sp.	„
„ Burkarti n. sp.	„
Virgatites mexicanus n. sp.	„
Aspidoceras cyclotum Steuer	Oppel.
„ fallax n. sp.	Buckhardt.

Aspidoceras fosforiticum n. sp.	Buckhardt.
,, cajense n. sp.	,,
,, zacatecanum n. sp.	,,
Phyloceras mazapilensi n. sp.	,,
Neumaria subrasilis n. sp.	,,
Hoplites cfr. permulticostatus	Steuer.
,, cfr. calistoides	Behrendsen.
,, varias especies aun no determinadas.	

CEPHALOPODOS DEL JURASICO MEDIO DE OAXACA Y GUERRERO, POR EL DR. C. BUCKHARDT

(INEDITA)

Phylloceras cfr. Kudernatshr	Von Hauer.
,, plasticum n. sp.	Buckhardt.
,, plasticum n. sp. var. dorsoplicata	,,
,, ,, ,, ,, ,, cunerformes	,,
,, ,, ,, ,, ,, crassa	,,
,, ,, ,, ,, ,, sulcata	,,
,, ,, ,, ,, ,, plexisulcata	,,
,, ,, ,, ,, ,, ramosa	,,
,, ,, ,, ,, ,, subtililobata	,,
,, ,, ,, ,, ,, temulobata	,,
,, ,, ,, ,, ,, baevigata	,,
,, ptychorcum sagitlaeformis	Quenstedt.
Dactylioceras varias formas indeterminadas.	
Stephanoceras cfr. Bigotr	Meumer-Chalmas.
,, aff. psilacantum	Behrendsen.
,, aff. Brodiaer	J. Sow.
,, undulatrem n. sp.	Buckhardt.
,, Floresi n. sp.	,,
,, Varias formas indeterminadas.	
,, misticorum n. sp.	,,
Macrocephalites cadoceroides n. sp.	,,
,, Boeser n. sp.	,,
,, aff. macrocephalus	Waagen.
,, Nikitini n. sp.	Buckhardt.
Sphaeroceras costatum n. sp.	,,
Reineckia tuberosa n. sp.	,,
,, veraucosa n. sp.	,,
,, coronarde n. sp.	,,

Reineckia consolationes n. sp.	Buckhardt.
„ Bonillase n. sp.	„
„ sp. ind. núm. 1	„
„ „ „ „ 2	„
„ Stephanoceroides n. sp.	„
„ Mixtecana n. sp.	„
Reinerckia evoluta n. sp.	„
„ Aguilarae n. sp.	„
„ subtilis n. sp.	„
„ Mixtecana n. sp.	„
„ bifurcata n. sp.	„
„ Douvaller	Sternmann.
„ cfr. prorsocastata	Till.
„ densestriata n. sp.	Buckhardt.
„ Inermis n. sp.	„
„ plicata n. sp.	„
„ Juw. vecina a plicata	„
„ latesellata n. sp.	„
„ sp. ind. núm. 3	„
„ Leiomphala n. sp.	„
„ mexicana n. sp.	„
„ intercostata n. sp.	„
„ Wielandi n. sp.	„
„ evoluta n. sp.	„
„ plana	Lee.
„ aferrance n. sp.	Buckhardt.
„ Waitzi n. sp.	„
„ Subonon n. sp.	„
„ cualacensis n. sp.	„
Perisphintes cfr. Gollocher	Stermann.
Peltoceras constrictum n. sp.	Buckhardt.
„ cfr. athleto	Phill.
„ monocanthum n. sp.	Buckhardt.
„ cricotum n. sp.	„
„ sp. indeterminada.	
Cosmoceras paracontrarium n. sp.	„
„ (Stenoceras) aff. fifurcatum	Lust.
Stephanoceras aff. psilacanthim	Behr.
„ Floresi n. sp.	Buckhardt.
„ sp. ind. núm. 1	„

Stephanoceras sp. ind. núm. 2	Buckhardt.
,, aff. psilacantlum	Nehrendsen.
,, cfr. Bigoth	Meumer-Chalmas.
,, undulatum n. sp	Buckhardt.
Docthyloceras sp. ind. (dos formas.)	
Cosmocera Saucer	(?)
Philloceras plasticum n. sp	Quenst.
,, Boese n. sp	,,
,, macrocephalis n. sp	,,
,, Nikitum n. sp. (dos formas)	,,
,, v. costatum n. sp	,,
Reineckia fifurcota n. sp	,,
,, plicata.	
,, Jur. sp. ind.	
,, aberrans	,,
Perisphanetes Waitze n. sp	,,
,, suboron n. sp	,,
,, cualacensis n. sp	,,
Perisphinetes cfr. Gottscher	Stermann.
Peltoceras contrictum n. sp	Buckhardt.
,, neogaeum n. sp	,,

CRETACICO

CEPHALOPODAS DEL APTIANO, DE NAZAS, DURANGO

(INEDITA)

Nautilus neohispameus n. sp	Buckhardt.
Puzosua sp. ind.	
,, aff. Matheroni	d'Orb.
Uhligella Aguilerae n. sp	Buckhardt.
,, Jacobi n. sp	,,
,, mexicana n. sp	,,
Pedioceras durangense n. sp	,,
Neöcomites nazasensis n. sp	,,
Dufrenoya aff. Dufrenoyi	d'Orb.
,, texana n. sp	Buckhardt.
,, sp. ind.	
Parahoplites varias formas indeterminadas.	
,, gargascusus	d'Orb.
,, varias sps. indeterminadas.	
Douvilleiceras aequicostatum n. sp	Buckhardt.

Douvilleiceras aff. Martinii	d'Orb.
,, nazense n. sp	Buckhardt.
,, Wilfridi n. sp	,,
,, baucinoduna n. sp	,,

FAUNA JURASICA Y CRETACICA DE SAN PEDRO DEL GALLO, ESTADO DE DURANGO

(Boletín Núm. 29 del Instituto Geológico de México)

Ochetoceras canaliculatum	d'Orb.
,, mexicanum n. sp	Buckhardt.
Opelia. Oppelia crassicosta n. sp	,,
,, neohispanica n. sp	,,
,, pichleriformis n. sp	,,
Perisphinstos durangensis n. sp	,,
,, lagunitasensis n. sp	,,
,, cfr. promicucus	Buk.
,, rota Sinzow	Waagen.
,, aff Orbigny	Loriol plicatilis d'Orb.
,, plicatilis	Riaz.
,, wartaeformis n. sp	Buckhardt.
,, cfr. chloroliticus	Nikitin, non Gümbel.
,, cfr. lucingensis	Choffat.
,, trichoplocoides n. sp	Buckhardt.
,, alisabethaeformis n. sp	,,
,, cfr. alterneplicatus	Waagen.
,, virgulatus	Quest.
Aspidoceras juv sp. indeterminada.	
Philloceras subplicatus n. sp	Buckhardt.
,, reiculatum n. sp	,,
Soworbceras inflatum n. sp	,,
,, Ponpeckji n. sp	,,
Ochetoceras neohispanicum n. sp	,,
Neumarya crucis n. sp	,,
Oppelia esp. ind.	
Streblites Uhgli n. sp	,,
,, complanatus n. sp	,,
,, sparsiplicatus n. sp	,,
,, striatus n. sp	,,
,, pedroanus n. sp	,,
,, mexicanopictus n. sp	,,

Streblites fascigea n. sp.	Buckhardt.
,, serratus n. sp.	,,
,, manus n. sp.	,,
,, durangensis n. sp.	,,
,, pseudunimbatus n. sp.	,,
,, auriculatus n. sp.	,,
Aspidoceras aff. bispinosum	Qust.
,, bispinosoides n. sp.	Buckhardt.
,, neohispanitum n. sp.	,,
,, aff. longispinum n. sp.	,,
,, durangense n. sp.	,,
,, constrictum n. sp.	,,
,, Pavlowi n. sp.	,,
,, pseudo microplum n. sp.	,,
,, laevigatum n. sp.	,,
,, americamum n. sp.	,,
Nebrodites Haizmanni n. sp.	,,
,, aff. agrigentinus	E. Favre.
,, flexuosus n. sp.	Buckhardt.
,, crassicostatus n. sp.	,,
,, Zitteli n. sp.	,,
,, rota n. sp.	,,
,, nodosocostatus n. sp.	,,
,, Quenstedti n. sp.	,,
Idoceras Aguilerae n. sp.	,,
,, durangense n. sp.	,,
,, Tuttlei n. sp.	,,
,, Lorioli n. sp.	,,
,, neohispanicus n. sp.	,,
,, Argenmani n. sp.	,,
,, Johnsoni n. sp.	,,
,, Complantum n. sp.	,,
,, Boesei n. sp.	,,
,, Cragini n. sp.	,,
,, disciforme n. sp.	,,
,, plicomphalum n. sp.	,,
,, mutabili n. sp.	,,
Idoceras aff. Dedalum	Gemmellaro.
Holcostephanus juv.	Oppel.
Simbirskites mexicanus n. sp.	Buckhardt.

Kossmatia interrupta n. sp.	Buckhardt.
,, pectinata n. sp.	,,
,, zacatecana n. sp.	,,
Berriasella aff. Oppeli	Kilian.
,, Behrendseni n. sp	Buckhardt.
Blanfordia esps. aun no determinadas.	
Hoplites microcanthus	Oppel.
Durangites acanthicus n. sp.	Buckhardt.
,, incertus n.sp.	,,
,, vulgaris n. sp.	,,
,, Humboldti n. sp.	,,
,, densestriatus n. sp.	,,
,, nodulatus n. sp.	,,
,, latesellatus n. sp.	,,
,, fusicostatus n. sp.	,,
,, varias especies indeterminadas.	
Phylloceras cfr. Benecki	Zittel.
Berriasella tenuicostata n. sp.	Buckhardt.
,, varias especies aun no determinadas.	
Steueroceras lamellicostatum n. sp	Buckhardt.
,, durangense n. sp.	,,
,, varias especies aun no determinadas.	
Spiticeras Uhgli n. sp.	,,
,, cfr. Negreli	Toucas.
,, binodum n. sp.	Buckhardt.
,, juv. n. sp. ind.	
,, serpentinum n. sp.	,,
,, Laeve n. sp.	,,
Berriasella neohispanica n. sp.	,,
,, cfr. gracilis	Steuer.
Acanthodiscus transatlanticos n. sp.	Buckhardt.
,, euthymiformis n. sp.	,,
Acanthodiscus varias formas aun no determinadas.	
Neocomites densestriatus n. sp.	Buckhardt.
,, praeneocomiensis n. sp.	,,
,, esps. aun no determinadas.	
Polytichites sp. cfr. bidicothomus	Leym.
Hoplites cfr. pexiptychus	Uhlig.
,, cfr. perisphinctoides	,,
Asteria cfr. Sayni	Killian.

Costidicus aff. reticostatus	d'Orb.
Desmoceras cfr. Boutini	Math.
Douvilléiceras cfr. nedocostatum	d'Orb.
Parahoplites cfr. Uhgli	Anthula.

FAUNAS JURASICAS DE LAS SIERRAS DE SYMON Y DE RAMIREZ
ESTADO DE ZACATECAS
(Boletín número 33)

Oppelia sp. ind.	
Mazapilites Zitteli n. sp	Buckhardt.
,, mexicanus	Castillo et Aguilera.
,, n. sp.	
,, crossicostatus n. sp	Buckhardt.
,, sp. ind.	
,, Tobosensis n. sp	,,
,, Corinatus n. sp	,,
Perisplainetes aff. Pretransitorius	Tont.
Aspidoceras Wuirtenbergeri n. sp	Buckhardt.
,, Juv. sp. ind.	
Waagema sp. ind.	
Haploceras complamatum n. sp	Buckhardt.
Perisphinctes tobosensis n. sp	,,
,, Theodosu n. sp	,,
,, Alexxii n. sp	,,
,, sp. ind.	
,, Pervinquieri n. sp	,,
,, columbrimus	Toucas.
,, Corona n. sp	Buckhardt.
,, titan n. sp	,,
,, Boesci n. sp	,,
,, Neohispanicus n. sp	,,
,, bransitonis	Cost y Ag.
,, Bauger n. sp	Buckhardt.

Como se ve, es una fauna especial que presenta semejanzas con las faunas características de los períodos Jurásico y Cretácico de Europa, pero no es equivalente, por lo que soy de opinión que los estudios hechos no son lo suficientemente extensos para hacer una subdivisión clara entre estos dos períodos, (como lo ha intentado el Dr. Buckhardt), pues sostengo que hasta ahora, tanto las formaciones que se atribuyen al Jurásico como al Cretácico, no están perfectamente

separadas ni por la existencia de fósiles característicos, ni por discordancias entre las capas sedimentarias.

SISTEMA CRETACICO

Los depósitos sedimentarios de rocas cretácicas, que según Aguilera, comprenden numerosos horizontes, que no se toma el trabajo de señalar siquiera algunos, ocupan una extensión sumamente considerable del territorio mexicano, todas estas formaciones que se consideran del Período Cretácico reunidas, presentan una potencia muy considerable en el sentido de la vertical; se encuentran en una gran faja que se extiende desde las faldas orientales de la Sierra Madre Occidental hasta el Golfo de México, desapareciendo en las costas del Golfo de México bajo los estratos de las formaciones Cuaternarias, que son por lo general bastante delgadas, y de las formaciones Terciarias que llegan a presentar una potencia de más de mil metros: en las costas del Golfo de California se encuentran superficialmente diseminadas entre la gran faja de las formaciones Cuaternarias, pero haciendo sondeos no muy profundos se encuentran a una profundidad no mayor de 300 metros, en las mismas condiciones se encuentran en la Península de la Baja California en donde las formaciones dominantes superficialmente son las Terciarias y Cuaternarias, en la costa del Pacífico, desde Mazatlán hasta Suchiate aparecen superficialmente muy diseminadas en manchones de escasa superficie y sólo se encuentran bien caracterizadas en los plegamientos producidos por las intrusiones de las rocas ígneas que constituyen los macizos montañosos de la Sierra Madre Occidental.

Muchas de las formaciones Cretácicas del país se encuentran debajo de las capas de lava modernas que tan abundantes son en las faldas oriental y occidental de la Sierra Madre Occidental, y escasas comparativamente en las faldas occidentales en la Sierra Madre Oriental; llegando a ser muy raras, las rocas eruptivas superficiales no alteradas del lado de los terrenos que se extienden hasta el Golfo de México.

Consideradas bajo el doble punto de vista petrográfico y paleontológico las formaciones sedimentarias correspondientes al período Cretácico, en la República deben dividirse en tres grandes subdivisiones: Cretácico inferior, medio y superior. Cada una de estas tres subdivisiones está compuesta de grupos poderosos de estratos que ocupan una extensión considerable, y cuyas rocas no pueden distinguirse entre sí con claridad, aunque es cierto, que en los límites se observan transiciones perfectamente graduadas del paso de una subdivisión a la otra, según la afirmación de Aguilera, aunque yo pongo en duda que se pueda hacer la distinción con facilidad, sin acudir a los fósiles característicos, que hasta ahora no se han podido señalar, a causa de la falta de estudios sobre las faunas que en ellas se encuentran, pues atenerse a la existencia de los fósiles característicos de las formaciones europeas para juzgar el lugar que les corresponde

a las formaciones Cretácicas de la República Mexicana o de la América en general, no es cuerdo; debemos imitar a los Geólogos norteamericanos que han hecho una Geología norteamericana, debiendo nosotros hacer una Geología Mexicana, como es lo natural, aunque las dificultades que hay que vencer sean muy grandes.

CRETACICO INFERIOR

El Cretácico Inferior aparece formado por una sobreposición de calizas, pizarras margosas, pizarras arcillosas, areniscas calizas, areniscas margosas de color verde más o menos resistentes, cubiertas por pizarras arcillosas de colores abigarrados. Estas areniscas (lo mismo que las areniscas calizas, que por tramos y con cierta inconstancia (?) o falta de regularidad, se encuentran intercaladas) están comunmente atravesadas por fracturas, debidas probablemente a contracciones por desecación (según Aguilera), que subdividen su masa en poliedros más o menos irregulares, los cuales tienden a afectar la forma de prismas de base rómbica, lo que unido a la presencia de una substancia verde, producto de la alteración de los elementos ferromagnesianos de las dioritas, granitos hornbléndicos, clorita pizarras, etc., preexistentes, les dan una grandísima semejanza con las areniscas verdes glauconiosas del Quadersandstein de Sajonia, Bohemia y Silesia; llamadas creta (?) glauconiosa en Normandia; pero que en nuestro país representan más bien la arenisca verde inferior.

El color dominante de estas rocas es: para las pizarras arcillosas el gris ceniciento, que varía al negro agrisado; para las areniscas de cemento calizo, varios tonos del gris amarillo entre más o menos sucio; para las areniscas y pizarras glauconiosas, el verde de diversos tonos; y para las pizarras arcillosas superiores, el pardo rojizo, el gris azulado, el pardo amarillento y el verdoso; en cuanto a las calizas predomina el color amarillento sucio, el negro azulado y el pardo.

El orden de sobreposición de estas rocas es el siguiente, empezando por la base: pizarras arcillosas, más o menos cargadas de carbonato de cal (no serán margosas) en la parte superior; areniscas de cemento calizo o areniscas calizas, que alternan al principio con las pizarras arcillosas, con poca frecuencia y después muy frecuentemente; areniscas margosas verdes de diversos granos y de resistencia variable, que algunas veces alternan con las areniscas anteriores; areniscas arcillosas verdes, que alternan con las areniscas anteriores; pizarras arcillosas de colores abigarrados, muy inconstantes (quienes las pizarras o los colores) unas veces formando grupos poderosos que establecen el paso de las pizarras margoso-calizas a las calizas, y otras veces el paso se verifica directamente de las areniscas a las pizarras calizas, y de éstas a las calizas compactas Cretácicas Inferiores y del Cretácico Medio.

El Cretácico Inferior descansa sobre las rocas primitivas unas veces y otras se apoya en las rocas del Jurásico Superior; siempre viene cubierto por el grupo de calizas compactas fosilíferas del Cretácico Medio, siendo muy cortas las áreas en que se ve enteramente a descubierto y esto debido a la acción erosiva de las aguas en movimiento, que han destruído las rocas que lo cubrían.

El Cretácico Inferior se encuentra perfectamente caracterizado en el sur de Puebla, en el Distrito de Tehuacán, Municipalidad de Zapotitlán y en el norte de Oaxaca, en el Distrito de Tlaxiaco, lo mismo que en algunos puntos de los Estados de Colima, Jalisco, Sonora y Tamaulipas, y probablemente en algunos lugares del Estado de Hidalgo, en la Huasteca hidalguense, Nuevo León, Chihuahua, Tamaulipas, Coahuila, etc., etc.

CREACICO MEDIO

Las rocas del Cretácico medio son: calizas, compactas, generalmente de color gris ceniciento, azulado y negruzco, comunmente dispuestas en estratos muy gruesos y acompañados de nódulos y riñones de pedernal, distribuídos paralelamente a las capas o intercaladas entre los bancos de caliza en forma de lentes o de cintas más o menos gruesas y regulares. La caliza es en muchos casos magnesiana, pero no constituye una verdadera dolomía, hecho que debe tenerse presente, cuando se trata de las formaciones petrolíferas mexicanas.

Estas calizas por lo general son ricas en fósiles que forman cuerpo con ellas, de donde es muy difícil separarlos, pero en la roca desgastada se presentan ofreciendo secciones en todas direcciones, secciones o cortes de las testas de los fósiles que contrastan por su color de la masa general de la roca y muchas veces por el grano, pues el cuerpo de las testas está transformado en espato calizo.

Estas calizas son ordinariamente fétidas; contienen arcilla en proporción variable, que cuando llega a la cantidad necesaria para que se puedan considerar como margas, se transforman en margas, la roca presenta la estructura pizarreña imperfecta, llegando a esquistosa, que permite dividirla en lajas y baldosas.

A consecuencia del metamorfismo prodncido en ellas en el contacto de las rocas ígneas volcánicas modernas, las calizas han adquirido una estructura granuda, que las transforma en mármoles más o menos finos; cuando la acción metamorfisante no se ha ejercido con toda su energía, las rocas calizas presentan una estructura más compacta que la original, de fractura concoide en general y astillosa en particular.

Además de las calizas descritas, se presentan pizarras arcillosas que ocupan la base del grupo que se considera como perteneciente al Cretácico Medio; estas pizarras establecen en ciertas formaciones en donde se supone que falta el Cretácico Inferior el paso al Jurásico Superior.

Todas estas rocas alternan con rocas margosas, como en el Cretácico Inferior. Las rocas que hemos descrito como pertenecientes al Cretácico Inferior y Medio son las que predominan en la mayoría de las formaciones superficiales

de las áreas de este período que constituyen las fajas que hemos señalado en la descripción general de las formaciones que afloran a la superficie del territorio nacional.

CRETACICO SUPERIOR

Las rocas de esta subdivisión, sólo se han llegado a estudiar y determinar en el noreste de la República, particularmente sobre el área de la cuenca del Río Bravo, las rocas principales son calizas, margas, areniscas, margosas y arcillosas, raramente de cemento calizo y esquistos margosos; los colores que presentan son el gris claro, gris negruzco, negro agrisado, pardo rojizo y varios tonos del amarillento sucio. Las areniscas y pizarras son por lo general desmoronadizas, pero no es raro encontrar rocas de esta naturaleza bastante resistentes, especialmente las calizas.

DISLOCACIONES

Las rocas del Cretácico Superior no han sufrido las dislocaciones y vicisitudes de las demás rocas que constituyen el sistema Cretácico, encontrándose actualmente en algunas de las áreas ocupadas por ellas, en posición casi horizontal, lo que prueba que apenas fueron plegadas después de haber sido depositadas, por los últimos movimientos que acentuaban los rasgos tectónicos que actualmente ofrece a la vista nuestro país.

CRETACICO SUPERIOR

Los estratos del Cretácico Superior descansan directamente sobre las calizas del Cretácico Medio.

De una manera general, se puede decir que ocupan una gran extensión de la cuenca del Río Bravo del lado mexicano, desde Presidio del Norte hasta Piedras Negras, teniendo una anchura variable de 100 a 400 kilómetros presentándose además en los Estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Veracruz, Puebla, Oaxaca, Hidalgo, Guerrero, Michoacán, Colima, Guanajuato, Durango y Jalisco, etc., etc.

Estas formaciones no están lo suficientemente estudiadas para que se puedan localizar con exactitud, principalmente por su carencia relativa en fósiles, pero casi no hay duda que la mayoría de las formaciones Cretácicas entre las cuales se encuentran los criaderos mexicanos de carbón de piedra, petróleo, Albertita, Grahamita y asfalto, pertenecen al Cretácico Superior, encontrándose también en estas rocas grandes acumulaciones de petróleo e hidrocarburos gaseosos que son en algunos casos primarios o indígenas de la formación y en otros son secundarios habiéndose acumulado allí por emigración de los hidrocarburos indí-

genas de las formaciones más profundas del Cretácico Medio, del Inferior y de las formaciones Jurásicas.

Rocas ígneas que atraviesan a las rocas sedimentarias Cretácicas.

Los estratos Cretácicos se encuentran con bastante frecuencia cortados por rocas ígneas de diversas naturalezas, cuya emisión ha tenido lugar en diversas épocas geológicas, siendo la mayor parte de ellas del período Terciario y las restantes de la era Cenozoica; las más antiguas no pueden considerarse sino del Cretácico Superior probablemente hicieron su erupción antes del Terciario.

La clasificación de estas diversas rocas eruptivas es aproximadamente la siguiente: Andesitas Cuarcíferas, sienitas Hornbléndicas, Granulitas, Diabasas y Pórfidos Petrosilizosos.

PALEONTOLOGIA

Las faunas de este sistema son sumamente ricas y comprenden numerosas familias, desgraciadamente no han sido estudiadas y apenas podemos aquí dar algunos datos, sujetos a rectificación.

Rhizopoda

Nodsaria Songuantloe	Nyst y Galeotti.
,, Texana	Conrad.
Patellina Texana	Roemer.
Numulina sp. ind.	

Anthozoa

Borites sp. ind.	
Thamnaroea holmoides	Felix.
,, Barcenei	,,
,, Xipey	,,
,, sf. stricta	Fromental.
,, Tenochi	Felix.
,, Crespoi	,,
,, Pedunculata	Fromental.
Polyhilloseris polymorpha	Felix.
Trochoseris sinuosa	Fromental.
Masthophylia conophora	Felix.
Cyathoseris petalophitys	,,
Siderofungia Zitteli	,,
,, irregularis	,,
Thamnoseris arborescensi	,,
Calamophylia Sandbergeri	,,

Cladophylia Miroi	Felix.
Hidnophylia Wollheimi	,,
Latimeandra Eteini	,,
,, Sauteri	,,
,, Montezumae	,,
,, Tuloe	,,
Latusastroe polygonalis	Fromental.
,, provincialis	d'Orb.
Eugyra neocomiensis	Fromental.
,, Cotteaui	,,
Cytaphora stempa	Felix.
Cryptocoenia neocomiensis	d'Orb.
,, micrommatus	Felix.
Phyllocoenia cyclops	,,
,, nanodes	,,
Dendrogyra Mariscali	,,
Astrocoenia globosa	Fromental.
Stylophora tehuacanensis	Felix.
Prohelia anomalos	,,
Turbinolia Texana	Conrad.
Heliastroea sp. ind.	
Smilotrouchos sp. ind.	

Enhiocidea

Salena prestensis	Desor.
,, mexicana	Schlut.
Cidaris Galeotti	Desor.
Pseudocidaris Saussurei	Loriol.
Pseudodiadema Malbosi	Desor.
Cyphosoma texana	,,
,, aquitanicum	Cotteau.
Holectipus Castilloi	,,
Laniera Lanieri	d'Orb.
Pyrina Parryi	Hall.
Toxaster elegans	Schumard.
Epiastar texanus	Roemer.
Enallaster mexicanus	Cotteau.
,, Delgadoi	Loriol.
Hemiaster texanus	Roemer.
Micraster sp. ind.	

Linthia sp. ind.	
Ananchytis sulcatus	Goldfuss.
Macropneustes sp. ind.	
Macropeustes sp. ind.	

Vermes

Serapula gordialis serpentina	Goldfuss.
,, sp. ind.	

Lamellibranchiata

Ostrea multilirata	Conrad.
,, acuticosta	Nyst y Galeotty.
,, similis	,, ,, ,,
,, cortex	Conrad.
,, virgula	Bárcena.
,, carinata	Lamarck.
,, glabra	Meek y Hayden.
,, crenulimargo	Roemer.
,, anommioeformis	,,
,, bella	Conrad.
,, diluviana	Lamarck.
Cryphoea Navia	Conrad.
,, mucronata	Gabb.
,, Pitcheri	Morton.
,, vesicularis	Lamarck.
Exogyra Patheroni	d'Orb.
,, texana	Roemer.
,, arietina	,,
,, ponderosa	,,
,, drakei	Gragin.
,, forniculata	Say.
,, costata	,,
,, potosina	Castillo y Aguilera.
,, flabellata	Goldfus.
Anomia argentaria	Morton.
,, micronema	Meek.
Plicatula incongrua	Conrad.
Lima Kimballi	Gabb.
,, Waccensis	Roemer.
Vola texana	,,
,, atava	,,

Vola tricistata	Roemer.
,, occidentalis	Conrad.
,, Roemeri	Hill.
Posidomya cretacea	Felix.
Aucella Broomi	Rouiller
,, ,, var. lata	Trautschold.
,, Pallasi	Keiserling.
,, ,, var. plicata	,,
,, ,, tenuistriata	,,
,, Volgensis	Lahusen.
,, af. piriformis	,,
,, Fischeriana	d'Orb.
,, terebratuloides	Tautschold.
Inoceramus Vanuxemi	Meek y Hayden.
,, Cumminsi	Cragin.
,, Crispsii	Mantell.
,, ,, subcompresus	Meek y Hayden.
,, Simpsoni	Meek.
,, Montezumae	Felix.
,, Baranini	Morton.
Inoceramus confertimanulatus	Roemer.
,, texanus	Conrad.
,, problematicus?	Scholtheim.
Dimya sobrotunda	Felix.
Modiola regulaaris	White.
Pinna Brewieri	Gabb.
,, Laqueata	Conrad.
Nucula cancellata	Meek y Hayden.
,, slackiana?	Gabb.
Cucullaea inermis	,,
Trigonia crenulata	Lamarck.
,, Emory	Conrad.
,, Mooreana	Gabb.
,, plicatocostata	Nyst y Galeotti.
Remondia furcata	Gabb.
Cardita arivechensis	Heilprim.
,, eminula	Conrad.
Gouldia Conradi	Whifield.
Requienia patagiata	White.
,, texana	Roemer.

Monopleura Tulae	Felix.
„ Otomitli	„
„ Votani	„
Anodotopleura speciosa	„
Caprima Texana	Roemer.
Caprinula cassifibra	„
Coralliochama Orcutti	White.
Ichtyosardolites sp. ind.	
Sauvagesia texana	Roemer.
Hippurites binoculata sp. ind.	
„ mexicana	Bárcena.
„ calamitiforme	„
Radiolites mendozae	„
„ foliacra?	Urquiza.
„ turbinata	„
„ austinensis	„
Spherolites sp. ind.	
Fimbria cordiformis	d'Orb.
„ (Sphoeriola sp.?	
Cardium congestum	Conrad.
„ cymotomon	Felix.
„ alambamense	Gabb.
„ (Eucardium) sabulosun	„
„ (Papyridea) sp?.	
Protocardia granulífera	Gabb.
„ Hillana	Sowerby.
Corbicula (Lepestes) planubona	Meek.
Cyprina sp.?	
Tapes Hilgardi	Shumard.
„ sp.?	
Venus sp.?	
Meretrix (Aphrodina) tippana?	Conrad.
Linearia (Arcopagia) texana	Roemer.
Solencurtus sp.?	
Pholadomva Sonorensis	Gabb.
Pleuromya sp.?	
Corbula subtrigonalis	Meek.

Gasteropoda

Delphinula cingulata	Gabb.

Margarita (Solariella) sp.?	
Trochus (oxistele) euriostomus	White.
Nerita californiensis	,,
Turritella seriatimgranulata	Roemer.
,, leonensis	Conrad.
Glauconia Bustamanti	Nyst et Galeotti.
,, sigulata	,, ,, ,,
,, suturosa	,, ,, ,,
,, Renauxiana?	d'Orb.
Galerus sp.?	
Natica texana	Conrad.
,, (Lunatia) Omecatli	Felix.
,, (Prisconatica) pedernalis	Gabb.
,, ,, proegrandis	Roemer.
,, (Amauropis) tabulata	Gabb.
,, (Gyrodes) af. Gaultinus	d'Orb.
Tylostoma mutabilis	Gabb.
,, tumida	Shumard.
,, elevata	,,
,, princeps	White.
,, Turrubioe	Sharp.
,, af. minima	,,
,, elevata	Shumard.
Chemnitzia texana	Roemer.
,, zebra	Gabb.
Pleurocera strombisormis	Scholoth.
Melania insculptaa	Meek.
Nerinea Titania	Felix.
,, euphyes	,,
,, hieroglyphica	Bárcena.
,, Castilloi	,,
,, Bascenoei	Heilprin.
Nerinea (Ptigmatis) loculata	Felix.
,, ,, sp.?	
,, (Ytierin) anguilina	Castillo et Bárcena.
Ceritium mexicanum	Gabb.
,, Pilingi	White.
,, Totium Sanctorum	,,
,, ? subminitum	d'Orb.

Alaria (Anchura) monilifera	Gabb.
„ sp.?	
Aporrahais (Lipodesthes) sp.?	
Pterocera sp?	
Rostellaria texana	Conrad.
Fusus mexicanus	Gabb.
Pleurotoma pedernalis?	Roemer.
Voluta (Fulguraria) navaroensis	Shumard.
„ (Gosavia) af. indica.	
Rostelites Texana	Conrad.
Cylindritella af. olivoeformis	Roemer.
„ coniformis	„
Acteonella (Volvulina) dolium	„
Globiconcha planata	„
Cinulina rectilabra	Gabb.

Cephalopoda

Phyloceras Rioi	Nyst et Galeotti.
„ af. Velledoe	Michelin.
Lytoceras reconditus	Nyst et Galeotti.
Baculites ovatus	Say.
Plancenticeras Guadalupe	Roemer.
Buchiceras (Sphenodicus) pedernalis	von Buch.
Schloenbachia inflata	Sorwey.
Desmoceras (Puzosia) sp.?	
Olcostephanus Zirkeli	Felix.
Hoplites Otomitli	„
„ Tlaxicensis	„
„ Xipei	„
„ Castilloi	„
„ angulicostatus	d'Orb.
Acanthoceras af. navicularis	Mantell.
„ planicostatus	Sorwey.
„ Mantelli	„
Scaphites Conradi	Morton.
„ ventricosus	Meek et Hayden.
Crioceras (Anciloceras) Xelhua	Felix.
Belemmites af. minimus	Lister.
„ af. bipartitus	Blainville.
Aptycus Columbi	Felix.

Toracostraca

Lobocarnicus sp.?

Piscis

Otomitla speciosa	Felix.
Belonastomus ornatus	Felix.
Thrissops sp. ?	
Diplomystus sp. ?	
Galeocerdo falcatus.	
Ptychodus Whiplei	Marcou.
Ceratodus sp. ?	
Syllaemus latifrons?	Cope.

REPTILLA

Tryonis sp. ?

Los fósiles que se acaban de enumerar son todos cretácicos, pero como se ve no pertenecen a los pisos de una sola de las dos grandes divisiones que en Europa llevan los nombres de series Cretácicas e Infracretácicas, hay que hacer un trabajo especial de separación de los fósiles característicos de cada una de las subdivisiones correspondientes mexicanas, trabajo que aun no se ha hecho siquiera aproximadamente de una manera satisfactoria.

Aquí copio las listas publicadas en los boletines del Instituto Geológico de México, números 24 y 30, de los fósiles del Cretácico Superior, de las regiones de Cárdenas y de Coahuila, sobre cuya clasificación exacta tengo algunas dudas, pues de la lectura de los boletines mencionados, se saca la consecuencia de que hay un prurito en crear especies nuevas, lo que tiende a complicar el asunto.

CRETACICO SUPERIOR DE CARDENAS, ESTADO DE SAN LUIS POTOSI

Exogira costata	Say.
Ostrea Aguilerae n. sp.	Böse.
Lima Cardenasensis n. sp.	,,
,, Axteca n. sp.	,,
Inoceramus cfr. Simpsoni	Meek.
Anomia argentiria	Mort.
,, gryphorhyncus	Meek.
Ostrea cfr. Gldfussi	Holsapfel.
,, semiarmata n. sp.	Böse.
,, Aguilerae n. sp.	,,
,, cfr. Nicasei	Coqu.
,, glabra	Meek.

Ostrea semiarmata n. sp.	Anomia.
Cryphaea vesicularis	(?)
Biradiolites potosianus n. sp.	(?)
„ Aguilerae n. sp.	(?)
Exogyra costata	Say.
Coralliochema G. Boehmi n. sp.	Böse.
Radiolites Austinesis	Roem.
Biradiolites Cadenasensis n. sp.	Böse.
Natica (Ampullina) altilitata n. sp.	„
Turritella Cadenansis n. sp.	„
„ Waitzi n. sp.	„
„ potosiana n. sp.	„
Nerinea (Plesioptygmatis) Burckhardi	„
Certhium Subcarnaticum n. sp.	„
„ potosianum n. sp.	„
„ Aguilerae n. sp.	„
„ aff. Simonyi	Zek.
Actaeonella (Trochacteeon) acutissima n. sp.	Böse.
„ „ coniformis n. sp.	„
„ „ aff. gigantea	Sow.
„ „ occidentalis n. sp.	Böse.
„ „ inconstans n. sp.	„
„ „ irregularis n. sp.	„
„ „ brevis n. sp.	„
„ „ planiteralis n. sp.	„
„ „ potosiana n. sp.	„
„ „ variabilis n. sp.	„

CRETACICO SUPERIOR DE COAHUILA

Pachydiscus n. sp.	Böse.
Sphenodiscus lenticularis	Owen.
Volutilites Arizpensis n. sp.	Böse.
Inoceramus labiatus	Schloth.
„ Crispi	Glds.
„ proximus Tuomey var. subcircularis	Meek.
„ labiatus	Schloth.
„ Barbini	Mort.
Lima Coahuilensis n. sp.	Böse.
Anomia micronema	Meek.
„ suntrucata	d'Orb.

Anomia mexicana n. sp.	Böse.
Ostrea Glabra	M. et H.
,, incurva var. acutirostris	Nilss.
,, saltillensis n. sp.	Böse.
,, lugubris	Conr.
,, Arizpensis n. sp.	Böse.

CEPHOLOPODOS DEL CRETACICO INFERIOR DE NAZAS, ESTADO DE DURANGO

BOLETIN INEDITO DEL INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO,
POR EL DR. CARLOS BUCKHARDT

Nautilis neohispánicus n. sp.	Buckhardt.
Puzosia sp. ind.	
Uhligella Aguilerae n. sp.	,,
,, Jacobi n. sp.	,,
,, mexicana n. sp.	,,
Pedioceras durangensis n. sp.	,,
Neocomites nazasensis n. sp.	,,
Dufrenoya aff. Dufrenoyi	d'Orb.
,, texana n. sp.	Buckhardt.
,, sp. ind.	
Parahoplites especies varias no determinadas.	
,, gargasensus	d'Orb.
,, juv. vars. sps. indeterminadas.	
Douvilleiceras aeqiocostatum n. sp.	Buckhardt.
,, nazense n. sp.	,,
,, Wilfridi n. sp.	,,
,, paucinodum n. sp.	,,
,, gargasensus	d'Orb.

Las formaciones correspondientes al sistema Cretácico son muy interesantes bajo el punto de vista de la Geología aplicada, principalmente en nuestro país en donde estas formaciones son muy abundantes, por la naturaleza de los criaderos minerales que arman en ellas, ya bajo la forma de Mantos, ya bajo la forma de filones o vetas o como criaderos irregulares especialmente, bajo esta última forma, existen criaderos sumamente importantes de minerales plomosos y blendosos, como los famosos de Zimapán en el Estado de Hidalgo y los de Peñoles en Durango, existiendo una multitud de esta clase de criaderos irregulares en casi todos los estados de la República que sería muy largo enumerar.

Igualmente se presentan en estas formaciones los minerales de mercurio predominando el Cinabrio, la Livingstonita, la Guadalcazarita, Metacinabarita, Onofrita, etc., etc.

Los minerales de cobre, especialmente la Chalcopirita, de la que se derivan la mayor parte de los diversos minerales conocidos de cobre, acompañados de grosularita, hematita y demás óxidos de fierro, cortan los estratos del cretácico, especialmente a lo largo de los diques de rocas eruptivas como las dioritas, andesitas presentando la forma típica de criaderos de contacto, como se ve en San José, Estado de Tamaulipas, en la Sierra de San Carlos y en la Hacienda de la Cofradía, Distrito de San Juan de los Llanos, Zomelahuacán, Estado de Veracruz, y en otra multitud de lugares.

Los minerales de antimonio se presentan en abundancia en vetas regulares, encontrándose asociado a los ocres de Antimonio.

Los minerales de fierro al estado de sexquióxido y magnetita, así como la pirrotita, algunas veces niquelífera, son muy abundantes y merecen estudiarse bajo el punto de vista industrial, citaremos unos cuantos para dar alguna idea sobre su importancia: Cerro del Mercado en Durango, los criaderos de Xalostoc en Morelos, los de Monclova en Coahuila, los de Encarnación en Hidalgo, los de Tlaxiaco en Oaxaca, los de Yucunduchi en Acatlán, los de Golondrinas en Nuevo León y otros varios, que han pasado desapercibidos por no haberlos considerado nuestros geólogos de importancia, a causa del poco desarrollo en la República de la industria siderúgica, que no ha contado con la cantidad necesaria de combustibles a bajo precio, que la producción de fierro reclama, pero que hoy podemos explotar con ventaja, empleando los hidrocarburos de nuestras regiones petrolíferas, bajo la forma de gas o indirectamente en la producción del calor por medio de los hornos eléctricos, lo que simplifica mucho la metalurgia del fierro y de todos los metales que se someten a los procedimientos de fundición, pues se eliminan las impurezas de los combustibles y se obtienen las temperaturas necesarias con mucha facilidad y constancia.

Las calizas cretácicas contienen grandes yacimientos de azufre casi puro, acompañado de yeso; un tipo de esta clase de criaderos se encuentra en la Sierra de Banderas, Partido de Mapimí, Estado de Durango, y en las riberas del antiguo lecho del lago de Tlahualilo en el Estado de Coahuila; en Cuyamaloya, del Estado de Hidalgo, existe un yacimiento de esta naturaleza cubierto superficialmente por rocas volcánicas modernas, de mucha importancia comercial que apenas ha sido estudiado; en Cerritos, Estado de San Luis Potosí, se conoce otro yacimiento de azufre que arma en calizas cretácicas.

Vetas y mantos bastante poderosos se encuentran en abundancia en el sur del Estado de Puebla, conteniendo pirolusita, acerdesa, psilomelán y Wad, especialmente en los Distritos de Acatlán y Tepexi, entre las calizas cretácicas del Cretácico Medio; infinidad de yacimientos de minerales de manganeso se encuentran en otras muchas localidades del país, acompañando a los minerales de

fierro, en donde se presentan las formaciones cretácicas, no habiendo hasta ahora sino estudios muy superficiales sobre ellos.

Entre las cálizas cretácicas se encuentran igualmente grandes criaderos de fosforita, apatita y estaño, que han llamado la atención de los mineros.

Otro de los puntos que debemos dejar aquí consignados, es que entre los yacimientos metalíferos sulfurados, como los de galena y piritas de cobre se encuentra asociada en gran cantidad el oro y la plata, al grado que se han considerado industrialmente, como minerales productores únicamente de los metales nobles.

Entre los estratos de los terrenos que se atribuyen a las tres principales divisiones del Cretácico en la República, se encuentran con una constancia grande, capas de carbón, siendo las mejor estudiadas las que se encuentran en la subdivisión del Cretácico Superior, en donde se han localizado las principales explotaciones de este importante combustible fósil, especialmente en Sabinas, Hondo o San Felipe, Santa Rosa de Múzquiz, Piedras Negras, Barroterán etc., etc., que parecen ser una continuación de los yacimientos carboníferos de Eagle Pass, en la vecina nación del Norte.

Estos carbones se presentan a todas las aplicaciones del carbón bituminoso y como tal, debe clasificarse industrialmente, aunque nuestros geólogos fundándose en consideraciones puramente teóricas, las consideren como Lignitas.

En las formaciones del Cretácico Medio que se encuentran en la base, se conocen algunas localidades como las de Maconí, Mineral del Doctor, Distrito de Cadereyta en el Estado de Querétaro, en las que el carbón no obstante de ser de muy buena calidad, se encuentra muy despedazado, o mejor dicho, diseminado entre el espato calizo, de formación muy posterior, indicando que los estratos fueron plegados y rotos por la acción de las fuerzas diastrofíticas y posteriormente por la acción de las aguas que disolvieron a la caliza, se formó el espato calizo que las cementa así como al carbón; pero no se deduce de este hecho que se presenta en multitud de lugares del país que todas las capas de carbón que se pueden encontrar en esta subdivisión del Cretácico Medio sean inaprovechables industrialmente, sino que en los lugares en donde estas formaciones no hayan sido fracturadas hasta el grado de desmenuzarlas, las capas de carbón pueden explotarse en las condiciones ordinarias; por consecuencia, se puede decir que en esta subdivisión existe el carbón fósil y que puede ser explotado industrialmente. Este hecho que se repite en las formaciones carboníferas del Estado de Morelos, no tiene importancia para que dichas acumulaciones de carbón puedan transformarse naturalmente cuando se reunan todas las condiciones en petróleo o en hidrocarburos líquidos, sólidos y gaseosos, acumulándose en determinados lugares de donde se podrán obtener grandes cantidades de combustibles hidrocarburados.

Entre los estratos correspondientes a los periodos Cretácico y Terciario prin-

cipalmente es en donde se han señalado en nuestro país las acumulaciones más importantes de petróleo que seconocen, y cuya importancia sobrepasa a todo lo que hasta ahora se conoce en el mundo entero.

ERA CENOZOICA

De las subdivisiones del Terciario apenas si se han llegado a estudiar las formaciones de los grupos Medio y Superior, estas formaciones de carácter local se encuentran diseminadas en la parte central del territorio comprendido entre las dos sierras madres, generalmente de origen lacustre, en donde una gran parte de la formación desaparece bajo la delgada capa de formaciones Cuaternarias, faltando casi por completo en las áreas en que afloran las capas cretácicas. En el territorio ocupado por estas formaciones Terciarias en los Estados mexicanos que bordean al Golfo de México que son de origen marino bien caracterizados tienen una importancia muy grande tanto por la extensión superficial que ocupan, como por encontrarse entre sus estratos acumulaciones importantes petrolíferas que actualmente han entrado en el período de explotación comercial; las series de estratos del Terciario, son mucho más uniformes que las del Cretácico, como que las condiciones bajo las cuales se formaron las primeras, fueron casi semejantes en toda la vasta región en donde se manifiestan, no sucediendo lo mismo durante el período Cretácico dentro del cual se verificaron cambios bruscos en el relieve del terreno.

EOCENO Y BASE DEL MIOCENO

Las rocas sedimentarias Terciarias más antiguas que ha sido posible estudiar hasta hoy, se encuentran en la cuenca del Río Bravo a unos 12 kilómetros al oriente de Laredo, extendiéndose hasta la ciudad de Guerrero en el Estado de Tamaulipas, en relación estrecha con las formaciones de la parte superior de los terrenos Cretácicos.

Las rocas principales que se observan son areniscas, margosas y arcillosas de grano fino, que alternan con capas de margas y arcillas de textura esquistosa o imperfectamente apizarrada, perteneciendo probablemente al Eoceno Inferior; encima de esta serie de rocas vienen unas areniscas margosas que se extienden al oriente de Laredo y llegan hasta Mier, parte de las cuales deben pertenecer al Eoceno y otras al Mioceno, aunque estas afirmaciones necesitan para confirmarse, un estudio de los fósiles que se encuentran en las capas diversas de areniscas.

MIOCENO SUPERIOR A PLIOCENO

En la península de la Baja California en su faja de costa, principalmente en la del Pacífico, hay un grupo de estratos de origen marino, cuya formación debe

haber sido posterior al derrame de las lavas andesíticas y sus congéneres, puesto que en los estratos correspondientes se ve una alternancia de areniscas de diversos granos y conglomerados traquíticos o andesíticos que llevan intercaladas varias capas de minerales de cobre.

Las areniscas presentan un cemento francamente calizo, en algunos casos, es ligeramente arcilloso y su color varía entre el amarillo, el pardo y el rojo, colores que presentan igualmente los conglomerados. Este conjunto de capas descansa directamente sobre las rocas volcánicas que se han indicado; esta circunstancia no permite asignarles una antigüedad más allá del fin del Eoceno, tomando en cuenta los fósiles que contienen, no serían realmente sino del Mioceno Superior (?).

En la parte baja de la costa del Golfo de México, se presentan las rocas Terciarias formando una faja paralela al contorno de las formaciones Cuaternarias, del Golfo actual, faja que al sur del Estado de Veracruz, se ensancha al poniente hasta los Estados de Hidalgo y San Luis Potosí, y continuándose al norte hasta la frontera con los Estados Unidos en el territorio del Estado de Tamaulipas, llegando a adquirir su anchura máxima entre las poblaciones fronterizas de Reynoso y Guerrero; continuándose al sur por el Istmo de Tehuantepec, para cubrir una gran parte de los Estados de Tabasco, Campeche y Yucatán, internándose por la parte oriental del Estado de Chiapas hasta la línea divisoria de Guatemala, al sur del pueblo de Tenosique. En algunos puntos de este largo trayecto desaparecen las formaciones del Terciario bajo las formaciones del Cuaternario y algunos derrames superficiales de lavas modernas, que aparecen como interrupciones aparentes en el trayecto que hemos indicado.

Los sedimentos marinos Terciarios de la Costa del Golfo están compuestos de estratos de conchas poco coherentes, que pasan a conglomerados de cemento calizo más o menos arcilloso de color blanco amarillento, que a su vez pasan a calizas compactas y a calizas semicristalinas de color amarillo, con intercalaciones de calizas blancas agrisadas y blanco rojizas, existen además areniscas margosas, margas esquistosas y pizarreñas.

En la parte superior contienen fósiles que se deben considerar como Miocenos, mezclados con formas pliocenas y actuales.

Cope ha referido estas formaciones sedimentarias a la subdivisión que en los Estados Unidos se denomina Loup Fork, que corresponde a la parte superior de las formaciones del Mioceno, especialmente la importante formación lignitífera de Zacualtipán en el Estado de Hidalgo.

Las rocas asociadas en las que se encuentran las lignitas son en su mayor parte areniscas y pizarras arcillosas refractarias, cargadas de materias carbonosas y capas de conglomerados de color rojo, que se presentan principalmente en los lugares en donde abundan las pizarras cristalinas que han sido consideradas

como representando la antigua arenisca roja del Período Carbonífero, otras las han referido a la nueva arenisca roja, y Aguilera, fundándose en los elementos petrológicos de que están compuestas y las relaciones que tienen con las andesitas horbléndicas y las riolitas, los considera como posteriores a la aparición de las andesitas, asignándoles una edad no más antigua que la del Terciario Superior o Plioceno.

Los conglomerados rojos se presentan generalmente dislocados por las rocas eruptivas de las series antiguas y modernas, lo que hace muy improbable la opinión de Aguilera de que estos conglomerados sean Pliocénicos, lo mas probable es que realmente pertenezcan a la era Paleozoica.

Disminuyendo las dimensiones de los elementos de estos conglomerados, pasan gradualmente a areniscas de grano grueso y de grano fino, conteniendo cristales rotos de feldespato y algunas veces intactos, el cemento de todos estos conglomerados y areniscas es arcillo arenoso. Existen además unas capas de brechas mucho más modernas sobre los conglomerados rojos, las cuales sí datan del Pliocénico, como lo quiere Aguilera; de todos modos, este punto no está bien dilucidado y merece estudiarse con cuidado para llegar a resolverlo.

Existen varias localidades en los Estados de Guanajuato, Zacatecas, Puebla, Oaxaca, Michoacán, San Luis Potosí, Veracruz, Tamaulipas, etc., etc., en donde se presenta el conglomerado rojo, pero no me atrevo a señalar aquí su edad geológica en vista de la incertidumbre del período geológico a que debe referirse su formación.

En casi todas las formaciones que se han considerado como del Mioceno, existentes en la República, se ha señalado como constante la existencia de lechos de lignitas, y en varios lugares pertenecientes a los Estados de Veracruz, Tamaulipas y San Luis Potosí, en donde existen capas Miocénicas, indicaciones claras de la existencia de yacimientos petrolíferos de aceites pesados generalmente a base de asfalto, no siendo raro encontrar algunos yacimientos de aceites ligeros de base parafinosa, sobre todo en los campos petrolíferos situados a más de 100 kilómetros de la costa del Golfo.

PLIOCENO

Las rocas de acarreo que se consideran de este sistema, son conglomerados calizos formados de cantos y guijarros de calizas cretácicas, conglomerado rojo, compuesto de destrozos de pizarras, con pedazos de rocas volcánicas tales como diorita, andesita y granito, mezclados con fragmentos de calizas cretácicas en la parte superior de las formaciones, reunidos por un cemento arcilloso, areniscas arcillosas blandas, alternando con arcillas margosas yesíferas, sobre las cuales se apoyan conglomerados y tobas volcánicas, estando intercaladas entre todas estas capas, lechos de rocas intrusivas basálticas.

Este sistema de rocas se presenta frecuentemente en multitud de lugares de la República Mexicana.

FOSILES DE LAS FORMACIONES MEXICANAS DEL TERCIARIO

ECHINODERMATA

Echinocyamus altavillensis?	Agassiz.
Clypeaster Meridanensis	Mchelin.
,, crustulum	,,

LAMELLIBANCHIATA

Ostrea Atwoodi	Gabb.
,, contracta	Conrad.
,, gallus	Valencienes.
,, Georgiana?	Conrad.
,, Veatchii	Gabb.
,, Moreleti	Deshayes.
,, Virginiana	Gmelin.
,, meridionalis	(?)
Anomia simplex	d'Orb.
Plicatula filamentosa	Conrad.
Spondylus Estrellanus	,,
Pecten Moreleti	Deshayes.
,, Yucatanensis	,,
,, Miridanensis	,,
,, dislocatus	Say.
,, nucleus	Born.
,, (Amusium) Mortoni	Ravenel.
Arca Eshayesi	Hanley.
,, incongrua	Say.
,, scalaria	(?)
,, rhombea	Born.
,, Ruffini	(?)
,, Adamsi	Shutlew.
,, unlobata?	Lamarck.
Cardita densata	(?)
Chama arcinella	Linnoeus.
Lucina reticulata	Lamarck.
,, divaricata	Linnoeus.
,, edentula	,,
,, Pensylvanica	,,
,, tigerina	,,

Lucina Jamaicensis	Lamarck.
„ disciformis	„
„ tumida	(?)
Cardium magnum	Born.
„ muricatum	Linnoeus.
„ isocardia	„
„ (Loevicardium) serratum	„
„ af. medium	„
„ af. bullatum	„
Venus cribaria?	Conrad.
„ cancellata	(?)
„ mercenaria	Linnoeus.
„ (Chiono) cancellata	„
„ Listeri	Gray.
„ Mortoni	Conrad.
„ peroni	Lamarck.
„ af. Peruviana	(?)
Tapes af. literata	Chemnitz.
„ af. decussata	(?)
Dosinia discus	Reeve.
Tellina (macoma) contracta	(?)
„ punicea?	Born.
„ af. spectabilis	Hanley.
Perisploma af. aneoquivalvis	Schumacher.

PLIOCENO Y CUATERNARIO

Glyptodom mexicanus	Cuataparo et Ramírez.
Scelidoterium sp. (?)	
Rhinoceros? occidentalis	Leidy.
Equus crenidens	Cope.
„ Taw	Owen.
„ playstylus	Cope.
„ Carcenai	„
„ excelsus	Leidy.
Platigonos alemani	Duges.
„ Compresus	Le Conte.
Auchenia minima	Leidy.
„ Castilli	Cope.
Holomenicus hosterus	Leidy.

Eschatius conidens	Cope.
Bison latifrons	Harl.
Aphelope sp. (?)	
Mastodon (Triphodon) Shepardi	Leidy.
,, (Tetralophodon) tropicus	Cope.
,, ,, Andium	Cuvier.
Elephas (Euelephas) primigenius	Blumenbach.
,, (,,) Columbi	Falconer.

ROCAS ERUPTIVAS

En la era Cenozoica es cuando han tenido lugar en nuestro país las erupciones más variadas y más importantes de rocas ígneas, en el transcurso de esta Era se han repetido (?) en las diversas variedades de rocas, la mayor parte de los tipos de estructura de las rocas eruptivas de la serie que se ha considerado por una multitud de geólogos eminentes como pertenecientes a la serie antigua de rocas ígneas o precretácicas, dándole a nuestro territorio, el relieve que con poca diferencia conserva en nuestros días, y por último, son estas erupciones modernas las que vienen acompañando a la mayor parte de los criaderos metalíferos mexicanos cuya fabulosa riqueza, ha pasado a ser proverbial: estando también en relación con muchos de los yacimientos petrolíferos conocidos y explotados actualmente.

Esta interesante serie de erupciones de la era Cenozoica, parece inaugurarse con las inyecciones y derrames de lavas sieníticas, dioríticas hornbléndicas, dioritas cuarcíferas, diabasas y pórfidos silizosos, rocas que coresponden al grupo de los microgranulitas recientes, cuya época de aparición no está perfectamente determinada, pudiendóseles asignar la antigüedad máxima de fines del Terciario.

Vienen en seguida las erupciones de las prorfiritas andesíticas, andesitas propilíticas, que algunos, con ciertos visos de razón, han considerado a estas rocas como pórfidos petrosilizosos, y que tal vez no son sino modificaciones debidas a las diferentes condiciones de enfriamiento de alguno de los tipos que se citaron en el párrafo anterior.

Al terminar el Mioceno, después de la aparición de las rocas anteriores, vinieron a la superficie, cortando a varias de las rocas ya citadas, las Andesitas de hornblenda que se extienden sobre vastas superficies de la Republica, principalmente en las regiones occidental y central, manifestándose en estas rocas tipos de estructura que se pueden referir al propilítico y al dacítico, aunque de este último tipo se han estudiado muy pocos ejemplares, los cuales no corresponden exactamente al verdadero tipo de las dacitas europeas.

Además de las andesitas de hornblenda se encuentran otras con mica, a las cuales tal vez correspondería la denominación de Andesitas Micacíferas.

Siguieron a las erupciones anteriores, diversos tipos de andesitas de augita,

que se pueden considerar como rocas de transición a las labradoritas, que son las rocas más abundantes entre las rocas eruptivas del Plioceno, siendo como las precursoras de las numerosas erupciones basálticas, que se presentan en casi todo el territorio de la República y cuya aparición más antigua (?) parece datar de fines del Plioceno, presentando todo su apogeo en el transcurso del Cuaternario.

Parece que por lo general, que después de las erupciones de las andesitas de hornblenda, han tenido lugar las erupciones de riolitas, que cortan en varias partes del país y principalmente en las regiones minerales a las andesitas, cubriéndolas en varias localidades; puede decirse que las riolitas se encuentran siempre en la proximidad de las andesitas, siendo de notarse las abundancias de ellas en la parte central, occidental y septentrional del país y su escasez relativa en la parte sur y en la oriental.

Los tipos de rocas traquíticas se presentan en algunos lugares del territorio mexicano, siendo sus características no muy claras, más bien participan de los caracteres de las andesitas, siendo por consecuencia estas traquitas, tipos de transición entre las dos especies de rocas, por lo que se les debe aplicar el nombre de traquiandesitas.

Acompañando a estas rocas se presentan brechas de rocas ígneas y tobas volcánicas, entre las cuales vienen en mayor o menor abundancia, según las localidades, las pómez y obsidianas que corresponden a los estados enteramente vítreos de las rocas de que proceden, y además rocas de pasta vítria sobre la cual se destacan cristales de feldespato que les dan el aspecto de pórfidos, por cuya razón, se les ha aplicado el nombre de vitrófiros o pórfidos de base de piedra pez.

Se encuentran numerosos criaderos minerales armando en las andesitas de hornblenda y pioroxena en relación con las riolitas, en casi todo el territorio de la República, cuyo estudio reclama mucha atención y al cual debe dedicar el Instituto Geológico de México sus mayores esfuerzos para iniciarlo bajo bases sistemáticas, pues hasta ahora sólo hay estudios aislados que sólo sirven para introducir confusiones en la interpretación de los fenómenos generales de la formación de los criaderos metalíferos del país.

PERIODO CUATERNARIO

Las rocas cuaternarias diluvianas, aluviales y lacustres son muy comunes en muchas de las localidades mexicanas, y se encuentran ocupando la parte superior de los valles en la Región Central del país, cubriendo grandes extensiones de las planicies de las costas en ambos océanos, generalmente en capas delgadas, pues dada la configuración general del territorio, que se encuentra surcada por un gran número de torrentes, la erosión se hace sentir con mucha energía sobre estas formaciones, que de ordinario, no presentan gran cohesión entre los ele-

mentos que las integran. Los depósitos en graderías o terraplenes se presentan en la parte norte del país en los valles estrechos o cañadas, como en el Valle de Fronteras y entre Sásabe y Altar, en el Estado de Sonora y en el Valle de México.

La distribución de los aluviones dentro del territorio ocupado por ellos no coincide con la dirección actual de los cursos de las aguas superficiales, se encuentran a niveles más altos a la derecha o a la izquierda de la madre o álveo por el que serpentean ahora las aguas de los diversos ríos, representando los depósitos de aluviones la serie de cursos divagantes antiguos que tenían estas aguas corrientes, el curso actual de casi todos los ríos mexicanos tienden todavía a divagar, debido a la disminución de pendiente y a su régimen torrencial.

Las rocas cuaternarias mas recientes son barros o arcillas margosas y lechos de arenas y matatenas sueltas, por lo general basálticas o andesíticas; existe además una gran cantidad de tobas calizas–arcillosas que se conocen con el nombre local de caliches, en ciertos casos, estas tobas son mucho más puras y entonces se tiene la roca llamada travertino o caliza incrustante.

Existe otra multitud de rocas cuaternarias en pequeña cantidad y que no me tomo el trabajo de apuntar, por la sencilla razón de que la mayor parte de estas formaciones no tienen ninguna importancia para el asunto principal que me propongo tratar.

Lo que sí tiene una importancia capital son las erupciones abundantes de rocas del tipo de los basaltos que cortan y recubren superficialmente a las rocas de acarreo en varios lugares del país, y cuya influencia se ha hecho sentir sobre los materiales del subsuelo de una manera clara y evidente.

Afortunadamente yo voy a ocuparme de la geología del petróleo de México, y sólo por incidencia tendré que ocuparme de los criaderos metalíferos.

Partiendo de la idea que he tratado de desarrollar en el capítulo III de que el origen del petróleo es la transformación metasomática de los yacimientos carboníferos, ya sea en mantos, ya diseminados entre los componentes de las rocas sedimentarias en su origen o posteriormente por la acción sobre los estratos de las fuerzas diastrofíticas y tectónicas que han trastornado la posición primitivamente horizontal de las capas sedimentarias, bajo la acción química de las fuerzas exteriores modificadas por su paso al través de los estratos, que disocian al agua del criadero en sus dos elementos oxígeno e hidrógeno, que al combinarse con los diversos elementos químicos de la formación geológica, particularmente los materiales carbonosos, dan lugar a las reacciones generales y finales que constan en el cuadro esquemático, sólo tenemos que examinar los diversos terrenos que pueden contener carbón mineral, y las circunstancias especiales que concurren en la asociación de los estratos sedimentarios de las diversas rocas y las intrusiones de las rocas ígneas que pueden contribuir a la transformación del carbón fósil en hidrocarburos.

Los hechos han venido a poner de manifiesto que la opinión tradicional sostenida por una gran mayoría de geólogos, de que la República Mexicana carecía de combustibles fósiles y que por esta circunstancia no era posible que México se pudiera convertir en una nación manufacturera, teniéndose que limitar sus habitantes a la explotación de las materias primas, tanto minerales como agrícolas, que tan abundantes y variadas pueden producirse a un costo relativamente bajo; estando esta producción limitada por la capacidad de transporte de sus vías de comunicación y a la distribución de la población en los diversos Estados de la Federación; desgraciadamente la larga serie de luchas intestinas no ha permitido desarrollar nuestras vías de comunicación ni acelerar el desarrollo de las industrias extractivas, si esto se hubiera verificado hace unos cincuenta años, el puesto que México hubiera ocupado en la actualidad, no sería inferior al que ocupan actualmente los Estados Unidos.

Según el Bosquejo Geológico que acabo de presentar calcado y corregido sobre el que publicó en 1897 Aguilera, calcado a su vez, sobre el que tenía escrito Antonio del Castillo, desde el año de 1880, resulta que exceptuando las formaciones de las rocas ígneas cristalofilianas que se consideran pertenecientes a las eras Arcaica y Paleozoica, en las que hasta hoy no se ha llegado a encontrar carbón, en yacimientos importantes bajo el punto de vista comercial, no siendo remoto que se lleguen a localizar posteriormente todas las formaciones sedimentarias conocidas a partir del Período Carbonífero, suelen contener con bastante frecuencia mantos de carbón, que pueden en algunos casos ser aprovechadas industrialmente, no sólo limitadas a las cuencas carboníferas que actualmente se explotan, sino a otras muchas, que apenas se han localizado someramente, a causa de la falta de vías de comunicación y a la falta de industria manufacturera, que sólo ha prosperado entre nosotros en las localidades que cuentan con medios fáciles de comunicación y caídas de agua fácilmente aprovechables. Hoy que hemos localizado algunas de las regiones petrolíferas, que se encuentran íntimamente ligadas con las formaciones carboníferas, podemos ensanchar nuestro horizonte y afirmar que contamos con inmensas cantidades de combustibles fósiles esparcidos en casi todo el territorio de la República Mexicana, que va a permitirnos en un lapso de tiempo no muy grande, transformar el modo de ser y la vida de nuestro pueblo, no contentándonos con pregonar solamente que México es un país excesivamente rico en recursos naturales, lo que está en contradicción con la falta casi absoluta de capital mexicano y los jornales bajos con que se remunera el trabajo de las clases asalariadas.

El plano que acompaño presenta la distribución probable de las áreas carboníferas y petrolíferas de la República Mexicana, estando marcados con tinta roja la parte de esos criaderos que han sido reconocidos, ya sea por obras de investigación, ya por explotaciones formales, las extensiones de estas áreas y su ubica-

ción se dan aproximadamente, pues los datos que tenemos en cartera están naturalmente incompletos y más bien son deducciones fundadas en la estructura geológica de los terrenos subyacentes. En esta determinación me he apartado completamente de la opinión del Barón de Humboldt y la de muchos de los miembros del Instituto Geológico en México, que tienen la idea de que los combustibles fósiles en las formaciones mexicanas se encuentran muy diseminados en lentes pequeñas y de escaso valor comercial, lo que respecto al petróleo ha resultado completamente falso en las regiones petrolíferas del Golfo, principalmente en el Estado de Veracruz. Tengo que hacer una advertencia, y es que no se vaya a tomar al pie de la letra la extensión de las áreas que he marcado en el plano adjunto, que sólo representa que dentro de ellas hay la posibilidad de que se encuentren yacimientos productivos de combustibles fósiles, pero de ninguna manera que toda la área sea comercialmente productiva, pues naturalmente deben encontrarse dentro de ellas una gran cantidad de terreno completamente estéril.

En los planos referentes a este asunto, que han salido en las publicaciones del Instituto, sólo se han limitado sus autores a marcar las localidades en donde no cabe la menor duda de que existen yacimientos de mayor o menor importancia comercial, comprobado por obras de exploración, cuando menos; pero como yo creo que la Geología tiene por objeto investigar y dar a conocer las probabilidades de la existencia de criaderos allí en donde no existen indicaciones superficiales, me he atrevido a señalar en una carta los lugares que en mi concepto deben investigarse para el descubrimiento de los yacimientos de combustibles fósiles, que son mucho más abundantes de lo que se ha supuesto generalmente. En esto no he hecho sino imitar el espíritu práctico del Visconde Jacques Dédrouin, que en el año de 1716, fundándose en la similitud de las formaciones geológicas de Bélgica con las que se encuentran al norte de Francia, no vaciló en emprender, luchando contra dificultades técnicas hasta entonces desconocidas, tiros profundos y muy costosos para llegar a alcanzar los mantos de carbón, que constituyen actualmente una de las grandes riquezas de Francia.

Villarello fue el primero que dividió el área comprendida entre la costa del Golfo y la Sierra Madre Oriental, limitada al norte por el Río Soto la Marina y al sur por el límite oriental de la cuenca del Río Coatzacoalcos, en las regiones de San José de las Rusias, del Sabino, de Tancasnequi del Ebano, de Tantoyuca, de Túxpam, de Papantla y la del Istmo de Tehuantepec; esta división no tiene nada de científica y sólo la ha adoptado para facilitar la exposición de su estudio, no habiendo incluído otras regiones petrolíferas como la de Jalcingo, Minatitlán, etc., que propiamente debenos considerar como divisiones geográficas convencionales. Redwood divide la zona petrolífera de los Estados del Golfo en tres grupos, abarcando una zona mucho más extensa, que llama yacimientos del norte, del Istmo de Tehuantepec y los del sur; este último comprende a los

CC

INSTITUTO GEOLÓGICO DE MÉXICO

IMP. DE LA SRIA. DE COMUNICACIONES — MEXICO — 1916 — F. FAUSTO — DIB.

RECURSOS MINERALES DE MEXICO

que se encuentran en los Estados de Chiapas y Tabasco; los primeros conteniendo la faja de terrenos costeños limitada al norte, por el Río Bravo; al sur, hasta el Río de Tecolutla; al oriente, por la costa del Golfo; y al poniente, por la Sierra Madre Oriental; el segundo comprende todo el Istmo de Tehuantepec, y el tercero los Estados de Chiapas y Tabasco, esta última subdivisión es mucho más sencilla que la de Villarello, pero adolece del mismo defecto, es decir, sólo es una división geográfica, aunque se acomoda mucho mejor para la descripción general que la ideada por Villarello.

La división de los criaderos en grupos se debe hacer, pero puesto que se trata de un estudio geológico, debe hacerse según mi entender, apoyándose en caracteres geológicos o cuando menos morfológicos, cosa que no se puede hacer todavía definitivamente, por la falta de datos y de estudios detallados, aunque de una manera general se puede decir, que los criaderos petrolíferos se encuentran dentro del territorio de la República Mexicana esparcidos dentro de las áreas de los terrenos sedimentarios marinos, que se clasifican como pertenecientes a las eras Paleozoica, Mezosoica y Cenozoica, en donde haya por lo menos indicios de haber existido o que existan huellas de substancias carbonosas diseminadas o en mantos más o menos poderosos, siempre que las capas sedimentarias se encuentren actualmente o hayan estado en épocas anteriores en relación con rocas volcánicas intrusivas, ya sea interestratificadas bajo la forma de lacolites, chimeneas, tubos de erupción o de mantos extensos superficiales de lavas. Estas lavas pueden haber sido, principalmente cuando se han encontrado expuestas en la superficie del terreno, atacadas por los agentes atmosféricos y por los de erosión y haber desaparecido total o parcialmente, pero siempre se encuentran huellas de que han existido, mientras que las rocas intrusivas que permanecen enterradas entre los estratos sedimentarios no sólo son atacadas por las aguas freáticas y presentan alteraciones fáciles de determinar; sino también en la acción de las fuerzas exteriores modificadas por su paso y acumulación en la masa de las rocas del subsuelo, tanto sedimenrarias, como de origen ígneo, exactamente como las fuerzas que, según mi opinión, han contribuído a la formación del petróleo, en algunos casos sufren un metamorfismo tan completo que las hace aparecer como distintas de la lava a que deben su origen.

Las rocas básicas parecen tener una gran influencia por su presencia en los criaderos carboníferos para efectuar la transformación del carbón o de las substancias petrólicas en hidrocarburos, como se observa principalmente en los yacimientos petrolíferos de *El Ebano*, *Cerro Azul*, *Juan Casiano*, *Furbero*, *Pánuco* y otros varios que es inútil citar; en cambio, hay otros yacimientos como el de Potrero del Llano, San Pedro, Valles, etc., etc., en donde esta influencia falta aparentemente, pero en realidad ha existido aunque de los registros de las perforaciones que se conocen actualmente, que desgraciadamente permanecen en su

mayoría archivados secretamente por las compañías interesadas, que sólo proporcionan los datos de los encargados de hacer el trabajo de las perforaciones, pero nunca la clasificación científica de las rocas atravesadas, lo que es de una importancia capital para el estudio de las regiones petrolíferas de que nos estamos ocupando no se hayan encontrado en la profundidad sino en casos muy raros.

Esta falta aparente de rocas intrusivas en los registros de las perforaciones publicados, se debe principalmente al hecho ya observado de la evolución de la materia, bajo la influencia de las fuerzas exteriores, que por su paso al través de los estratos, se convierten en fuerzas químicas que producen el metasomatismo de las rocas y minerales que se encuentran en el subsuelo, las rocas volcánicas básicas se transforman en el interior de la corteza, con mucha rapidez, en rocas arcillosas, separando a la siliza y al fierro que se van disolviendo en las aguas freáticas cargadas de álcalis y tierras alcalinas que han disuelto, además, del óxido y bióxido de carbón contenido en la atmósfera, y los que también resultan de la descomposición de las materias orgánicas en putrefacción que se encuentran sobre toda la superficie de la tierra y en el seno de las aguas dulces y marinas, apareciendo las rocas intrusivas en los terrenos atravesados por las perforaciones, como capas o lentes de arcillas más o menos impuras, o bajo el aspecto de margas al cargarse de carbonato de cal, carbonato que debe su origen a las capas calizas de la formación, el cual también se disuelve en las aguas que contienen el bióxido de carbón disuelto, y que al impregnar a las arcillas, se une a éstas constituyendo unos compuestos hasta ahora no bien definidos, que designamos con el nombre de margas, etc., etc., rocas que no son atacables fácilmente por el bióxido de carbón como los carbonatos de cal de las calizas puras.

Esta es una de las fases de la evolución de las rocas, que entra en la serie de fenómenos que Le Bon ha estudiado, en lo que él llama evolución de la Materia, la cual se debe llevar en cuenta al interpretar los fenómenos geológicos, pues de otra manera, no se estudia el mecanismo de la Naturaleza, sino los resultados hasta el momento de la investigación. Esta es la explicación más plausible que se puede dar respecto a la curiosa formación en lentes de arcillas y margas imbricadas que se observan en los cortes del ferrocarril de San Luis a Tampico entre las estaciones de Micos y Abra de Caballero, esto respecto a las rocas volcánicas interestratificadas, en cuanto a los diques y chimeneas o tubos de erupción, se verifica algo semenjante, por lo que es sumamente difícil, sin acudir a ciertos artificios, como el que yo he empleado de la *fotografía por medio de pantallas*, determinar la posición de estos diques que son muy numerosos en la región petrolífera de Tamaulipas, Veracruz, San Luis Potosí e Hidalgo, que he tenido oportunidad de estudiar personalmente; sólo algunos de estos diques, muy pocos por cierto, han escapado al metasomatismo ya apuntado, como los que aparecen en la figura 2 del trabajo de Huntley, que se encuentra al principio de esta obra; pero

hay que advertir que los sondeos que se han hecho cerca de estos diques volcánicos, no presentan en el registro señales de su continuidad a la profundidad, por cuya razón muchos de los geólogos que se han ocupado sobre el estudio de estos diques, niegan que sean verdaderos diques, sino más bien corrientes de lavas que han llenado cauces profundos de ríos, barrancos excavados por las corrientes superficiales en terrenos poco coherentes, como son la mayor parte de las formaciones del Terciario y del Cretácico Superior. En cuanto a las grandes fallas que se señalan en el mismo plano, no están perfectamente comprobadas, aunque provisionalmente se puede admitir su existencia.

Como se ve, en el croquis sobre la distribución de los criaderos carboníferos y petrolíferos que he formado, fundándome en los datos acumulados y en las semejanzas de constitución geológica de los terrenos, parecen existir, de acuerdo con los rasgos orográficos generales del territorio nacional, tres zonas principales en donde los yacimientos de esta naturaleza y los de minerales de fierro que deben encontrarse asociados, que por razones especiales no me he permitido hacer figurar en el plano de referencia, presentan entre sí diferencias poco marcadas hasta ahora, pero que se irán en contrando a medida que se hagan estudios más precisos; estos yacimientos se encuentran casi siempre dentro de las áreas ocupadas superficialmente por las formaciones Cretácicas, Terciarias y Cuaternarias, aunque en estas últimas formaciones realmente no se encuentren los criaderos petrolíferos propiamente dichos, pues más bien solo los cubren, con capas de poca potencia; sino acumulaciones de petróleo esporádicas o secundarias como las llama Villarello a las acumulaciones petrolíferas por emigración de los hidrocarburos que no son acumulaciones primarias entre las cuales se han encontrado y se encuentran en relación más o menos lejana mantos de carbón, no sólo en México sino en casi todos los países del Globo. Entre las capas pertenecientes al Cuaternario, sólo se encuentran en muy raras ocasiones, las acumulaciones esporádicas petrolíferas de que he hecho mención en el párrafo anterior, de muy escasa importancia, que provienen de las formaciones más profundas del Jurásico, Cretácico y Terciario, que contengan o hayan contenido entre sus estratos lechos de carbón o rocas sedimentarias mezcladas con substancias carbonosas, como pizarras y calizas, carbón que en las circunstancias especiales del criadero se transforma en hidrocarburos petrólicos.

Siendo muy raras y de poca extensión, al menos superficialmente, las áreas Jurásicas y las Carboníferas dentro del territorio nacional, no me ha parecido oportuno el ocuparme de ellas, aunque es más que probable, que dentro de ellas puedan encontrarse yacimientos carboníferos y petrolíferos de importancia comercial.

Las tres zonas principales a que he hecho referencia, están separadas por las dos cadenas de montañas principales de las sierras madres Oriental y Occiden-

tal, y subdivididas por las cadenas de motañas secundarias, cuya dirección aproximada es de oriente a poniente, menos en la región ítsmica en donde las direcciones de los macizos principales corren de oriente a poniente y los secundarios de norte a sur.

La zona petrolífera que podemos llamar del Golfo, está limitada al oriente en la tierra firme, pues es indudable que se extiende debajo del mar lo mismo que la del Pacífico por la línea de costa del Golfo, hasta el puerto de Coatzacoalcos o Puerto México, siguiendo con diversas direcciones las costas de Tabasco, Campeche y Yucatán, para entrar al mar de las Antillas hasta la colonia inglesa de Belice, aparecen principalmente las diversas formaciones del Terciario recubiertas cerca de las costas por una faja estrecha de formaciones cuaternarias, interrumpida en las costas orientales y occidentales de la península yucateca, en donde aparecen las formaciones claras del Terciario, como puede verse consultando la Carta Geológica de la República Mexicana anexa.

En la zona petrolífera central, que ocupa la región de las mesas comprendidas entre las dos Sierras Madres, las formaciones predominantes son las Cretácicas, recubiertas en una buena parte por formaciones Cuaternarias de muy escasa potencia, presentando varias áreas muy diseminadas de formaciones que se han llegado a clasificar como pertenecientes al período Jurásico y manchones diseminados de rocas volcánicas modernas, que presentan un gran parecido con las formaciones volcánicas de los terrenos costeros del Golfo, en donde se han encontrado los grandes yacimientos petrolíferos del Golfo, en el cantón de Túxpam con especialidad.

En esta región central no se han hecho sino muy pocos descubrimientos de criaderos carboníferos, y apenas se sospecha la existencia del petróleo, aunque los datos sobre la geología de sus formaciones, tienden a crear la convicción de que deben existir en gran número, aunque su importancia como productores de hidrocarburos fósiles, no sea tan extraordinaria como la de los criaderos situados en los terrenos costeros del Golfo; en cambio, los yacimientos metalíferos de toda especie, son muy abundantes y ricos en la gran área ocupada por las rocas volcánicas, presentando cierta relación que me propongo demostrar en otro trabajo, con la desaparción de las grandes acumulaciones de combustibles fósiles que debieron existir entre los estratos sedimentarios de las formaciones de los períodos Terciario, Cretácico, Jurásicos y Triásicos, en las que arman las acumulaciones metalíferas en determinados lugares, concentrando las partículas metálicas que se encontraban diseminadas en las rocas sedimentarias y en las ígneas. Esta diseminación de los minerales metálicos en las rocas, ha sido ya demostrada por el resultado de los análisis delicados, que se han hecho sobre todas las rocas del mundo entero; verificándose la acumulación o mejor dicho concentración, por lo menos en nuestro país en criaderos metalíferos de importancia, en las zonas

en donde se encuentran los macizos montañosos integrados por las andesitas, riolitas, dioritas y diabasas, etc., etc., presentándose igualmente los criaderos metalíferos armando en calizas y pizarras, habiéndose confundido muchos de estos fenómenos con los sulfatarianos e hidrotermales, que si se verifican realmente, son secundarios y no han llegado a producir sus efectos sino en escala muy pequeña, insuficiente para explicar la formación de los grandes yacimientos minerales que conocemos y explotamos bajo el nombre de vetas, mantos y criaderos irregulares, etc., etc., metalíferos.

La zona petrolífera del Pacífico, comprendiendo en ella la Península de la Baja California, se encuentra comprendida entre las faldas occidentales de la Sierra Madre Occidental y las costas del Océano Pacífico, presenta en su estructura geológica caracteres muy semejantes a la de las dos zonas, la del Golfo y la Central, como puede verse, consultando la Carta Geológica; predominando desde el Puerto de Manzanillo, con dirección al norte, y en todo el Golfo de Cortés o de la Baja California, las formaciones Cuaternarias, que como ya he dicho antes, al referirme a la zona del Golfo, no tienen una gran potencia, encontrándose a corta profundidad las formaciones del Terciario; estas últimas formaciones se presentan a la superficie con sus caracteres claros en varias partes de la Península de la Baja California, especialmente al norte de la Paz y en las islas y faja de costas continentales comprendida entre las Islas de La Magdalena y las Islas de San Benito, Cedros y Natividad; al sureste de Manzanillo aparece una gran área de terrenos Cretácicos, limitados por una grande extensión de terrenos graníticos, en donde abundan las Monzonitas, las Dioritas, etc., que se extiende hasta la costa del Pacífico, continuándose esta formación de rocas ígneas y cristalofilianas, siguiendo la línea de costa se introduce tierra dentro ocupando una gran parte del territorio de los Estados de Oaxaca, Guerrero, hasta llegar al oriente del Puerto de Salina Cruz en donde aparecen de nuevo las formaciones Cuaternarias. En el Estado de Chiapas las formaciones Cretácicas predominan sobre las cuaternarias y cristalofilianas, habiendo una gran faja de formaciones Triásicas y una área de formaciones que se ha clasificado de Devónicas?.

En esta zona apenas si se han hecho hasta ahora algunos descubrimientos de yacimientos petrolíferos que indudablemente deben existir en Sonora, Sinaloa, Tepic, Jalisco, Michoacán, Oaxaca y Chiapas; en todos estos Estados se han encontrado algunos yacimientos de carbón en relación más o menos lejana con las erupciones de rocas volcánicas de las series modernas y antiguas, que según la teoría que yo he desarrollado en este trabajo, hacen sospechar la existencia de yacimientos petrolíferos; estos yacimientos actualmente ignorados, llegarán a ser conocidos y explotados cuando el desarrollo de las vías fáciles de comunicación se verifique, y el aumento creciente en el consumo de combustibles en nuestras futuras industrias, haga necesario la investigación de nuevos yacimien-

tos de combustibles fósiles, tanto bajo la forma de carbón de piedra como de hidrocarburos.

En el párrafo anterior he dicho que se han encontrado algunos yacimientos de carbón en relación más o menos lejana con las erupciones de rocas volcánicas, y esta frase necesita una explicación para impedir una mala interpretación de los numerosos geólogos que no estén al tanto de las modificaciones que han sufrido las nuevas teorías geológicas del siglo XX; pues encierra una cuestión sobre el origen de las rocas volcánicas y sobre el mecanismo de los fenómenos volcánicos en general, que en el estado actual de nuestros conocimientos es bastante obscuro.

Para esto hay que remontarse al origen de la Tierra, pero como esto nos llevaría demasiado lejos, me limitaré a hacer constar que la corteza terrestre, hasta donde han llegado las investigaciones del hombre, parece formada por terrenos sedimentarios y formaciones ígneas y cristalofilianas, esos dos últimos grupos, por lo menos, aparecen en la superficie ocupando una área que se puede estimar en la cincuentava parte de la superficie total de las tierras firmes y en menos de la centésima parte de la inmensa superficie ocupada por las aguas marinas.

Los antiguos geólogos como Werner y Cordier, sostenían que el subsuelo sobre el que se apoyan y extienden los terrenos sedimentarios propiamente dichos, estaba constituído por gneises, pizarras cristalofilianas y granitos, sobre cuyo origen estaban en desacuerdo; pues mientras que los primeros que siguen a Werner o sea la escuela alemana, sostenían la teoría Plutónica, los segundos que pertenecen a la escuela francesa, se declaraban partidarios de la teoría Neptuniana. Los estudios modernos sobre las rocas ígneas han venido a poner de manifiesto que ambas teorías sólo contienen una parte de la verdad y por consecuencia son deficientes, resultando inútiles si admitimos el origen planetesimal de la Tierra, que en mi concepto es la teoría más completa que conozco y reasume la mayor parte de los datos científicos que poseemos actualmente sobre la formación y origen de nuestro planeta, desechando por completo el principio del Calor Central, que es el que ha dado el punto de apoyo a todas las divergencias en la interpretación de los fenómenos geológicos, cuyos efectos o resultados se presentan en las diversas formaciones que constituyen el conjunto que denominamos corteza terrestre, hasta donde nuestros medios de observación o investigación nos ha permitido estudiarla materialmente.

Se admite generalmente, que las rocas volcánicas modernas, cuando menos, provienen de una profundidad no muy grande, resultando de la acción del calor sobre las rocas preexistentes, que en su mayoría son sedimentarias desde la era Paleozoica hasta la actual, efectuándose en la masa fundida una especie de licuación imperfecta de las diversas especies mineralógicas, cuyo conjunto constitu-

yen los diversos tipos de rocas ígneas, que se subdividen a su vez por la textura que adquieren, según las condiciones bajo las cuales se hizo su solidificación, influyendo en esto la presión a que se encontraron sometidas y la lentitud de enfriamiento.

De lo anterior resulta que el verdadero origen de las rocas ígneas no difiere esencialmente de las sedimentarias, puesto que depende única y exclusivamente de la existencia de la Materia, o si se quiere del conjunto de los cuerpos simples que se encuentran formando la Masa de nuestro planeta al estado de combinaciones estables, pues los cuerpos simples o nativos que se encuentran en la naturaleza son muy raros y escasos; en su gran mayoría, resultan de fenómenos de disociación, como pasa con el oro, la plata, el plomo, el fierro, etc., etc.

El mecanismo del paso de las rocas sedimentarias a rocas ígneas, se ha atribuído hasta ahora a la fusión hidrotermal, efectuada por la intervención del calor central, fundándose en una serie de experiencias de laboratorio que han sido reunidas principalmente por Daubrée y apoyándose en la ley de variación del grado geotermal; hoy parece acentuarse la opinión de que el calor interno de la Tierra se debe a la acción de los materiales radioactivos de una multitud de cuerpos que se encuentran diseminados entre los materiales sólidos, líquidos y gaseosos que constituyen la corteza terrestre y la atmósfera.

Ninguno de los metales radioactivos (?) se ha llegado a encontrar al estado nativo, ni tampoco se ha logrado obtener en el Laboratorio al estado metálico, sino bajo la forma de compuestos; estos compuestos se encuentran ampliamente distribuídos en las rocas que integran la costa terrestre, encontrándose prácticamente en todas ellas, en las aguas y en la atmósfera; pero esta amplia distribución, no es uniforme, sino que se presentan casos en donde se nota una gran tendencia a su concentración. Strutt ha emitido la opinión de que deben considerarse a las rocas ígneas como las más aptas para verificar esta concentración, suscitándose un problema sobre la manera de como las rocas ígneas hayan llegado a cargarse de materiales radioactivos, en mi concepto, ya emitido en el capítulo IV; las rocas volcánicas son los transformadores y acumuladores naturales y más poderosos de la energía radiante que se encuentra en todo el Universo; pues yo niego que la materia por sí sola sea capaz de producir energía, y sólo le concedo la propiedad de transformarla en fuerza activa y poder acumularla hasta cierto límite de tensión.

Se sabe de una manera cierta que las intrusiones y extrusiones de rocas volcánicas, se han verificado desde las edades geológicas más remotas y se siguen verificando en la actualidad. Uno de los hechos que se consideran extraordinarios, según la corriente de ideas antiguas, es la presencia de grandes masas de rocas intrusivas volcánicas en las formaciones de los terrenos de la era Arcaica, y en las eras subsecuentes, los fenómenos bathiolíticos han llegado a adquirir

proporciones sumamente grandes. La extrusión de las rocas fundidas en la superficie de las formaciones sedimentarias, es un fenómeno sumamente común a fines del Período Terciario y actualmente se verifica en muchos lugares del globo; probablemente la erosión y el mesomatismo han hecho desaparecer hasta las huellas de la existencia de las rocas volcánicas superficiales de las formaciones más antiguas, contribuyendo también a efectuar esta desaparición de las rocas volcánicas intrusivas los fenómenos ya apuntados, y por eso se han considerado como relativamente escasas en las eras Mesozoica y Paleozoica. Estas rocas volcánicas así como las sedimentarias sobre las que la erosión que ha obrado sobre ellas por un largo período de tiempo, han suministrado una gran parte del material de los terrenos sedimentarios más modernos, así es que el origen tanto de las rocas sedimentarias, como el de las volcánicas y cristaliofilianas debe ser el mismo, y sus propiedades radioactivas (?) semejantes.

En la zona central del territorio mexicano y levantándose sobre la gran área de las formaciones Cuaternarias, nos encontramos con una gran formación de rocas volcánicas que se han clasificado como habiendo aparecido a la superficie durante el Período Terciario, constituyendo la mayor parte de los macizos montañosos que surcan en varias direcciones el territorio, pero especialmente las cadenas montañosas que se conocen entre nosotros como integrando a la gran cadena de montañas de la Sierra Madre Occidental; estas erupciones han hecho desaparecer hasta cierta profundidad a las formaciones del Mesozoico que es probable ocupaban esos lugares; ahora bien, como entre los estratos de las rocas sedimentarias del Mesozoico se han de haber encontrado mantos de carbón, y éstos han desaparecido, siguiendo el orden de ideas que he tratado de exponer en el capítulo anterior, no me parece aventurado afirmar que esos estratos o mantos de substancias combustibles, hayan contribuído a la transformación de los materiales estratificados sedimentarios en lavas, puesto que para que esto se verifique, sólo es necesario que en el subsuelo y en contacto con los combustibles fósiles, carbón e hidrocarburo, haya la suficiente cantidad de oxígeno para transformar el carbón y el hidrógeno en bióxido y protóxido de carbón y agua, es decir, volverlos al estado primitivo a que se encontraban en la atmósfera, aprovechando la energía calorífica desarrollada, en la fusión de los materiales pétreos convirtiéndolos en lavas, vapor de agua, bióxido de carbón, etc., etc. El carbón y el agua que se encontraban inmovilizados por largos períodos geológicos entre los estratos de las rocas sedimentarias, vuelven a entrar de nuevo por este mecanismo, en el ciclo de la vida orgánica, demostrandose así de una manera palpable las harmonías de la Naturaleza, y el ciclo constante de las transformaciones de la materia que para el estudio de la geología no está dividida en los reinos Mineral, Vegetal y Animal sino que forman uno solo.

En el capítulo VI me voy a ocupar en el estudio de los yacimientos petrolí-

feros de la Zona del Golfo de México, lamentando que no se hayan podido reunir los datos suficientes para hacer un estudio detallado, que ponga en claro una multitud de los problemas geológicos, que se presentan a cada paso en la explotación de los yacimientos, pero a pesar de esto, creo que será de alguna utilidad y podrá completarse en un futuro próximo.

FIN DE LA PRIMERA PARTE

FE DE ERRATAS MAS NOTABLES

Páginas	Dice	Debe decir
5	Túxpan	Túxpam
10	tambian	también
13	equinodermus	equinodermos
15	del Cotzacoalcos	de Coatzacoalcos
16	medias aguas	Medias Aguas
20	pero no son porosas	que no son porosas
23	de gran valor	de poco valor
29	14 barriles	14.000 barriles
30	Las explotacios	Las explotaciones
31	disminución	diminución
33	como decimos	tres décimos
34	de suponer	hace suponer
35	tiene 21° Bé	tiene una densidad de 21° Bé
40	aumento de comparidad	aumento de compacidad
43	produoctor de aceites	productor de aceites
41	aetualmente	actualmente
45	tiene un desarrollo	tienen un desarrollo
47	formarión	formación
48	en la acumulación	a la acumulación
49	esta área	esta área petrolífera
51	Cárdenas	Calizas de Cárdenas
52	se presentan	se prestan
56	emigración del aceite	emigración parcial del aceite
60	potróleo	petróleo
65	La insignificancia	siendo la insignificancia
65	por falta de industria	por falta de Industria una rémora para su desarrollo
73	1.5 de nafta	1.5 por ciento de nafta
76	seterminaron	se terminaron
83	que se llegaron	que llegaron
86	previlegio	privilegio
88	dificites	dificits
92	individuo a corporación	individuo o corporación
99	oloductos	oleoductos
101	como las	como en las
109	hidrocarburos	carburos
110	diatormeas	diatomeas
112	Jurástico	Jurásico
117	verticales	horizontales
117	los cuales	las cuales
126	Lepidodembros	Lepidodendros
140	ya	y a
142	como que	cuando
144	Phiscae''	Phisicae''
146	e	el
155	eneptivas	eruptivas
159	alta de mejores	falta de mejores
201	las abundancias	la abundancia
205	también en	también por

COLOCACION DE LAS ILUSTRACIONES

	Página
Lámina I	6
Lámina II	9
Lámina III	15
Figura 1.—Croquis de los terrenos petrolíferos	29
Figura 2.—Esquema Geológica General, etc	30
Figura 3.—Plano del yacimiento de Pánuco	35
Figuras 4 y 5.—Cortes	38
Figura 6.—Plano de una porción de los terrenos petrolíferos de México	39
Figura 7.—Sección Geológica Diagramática	40
Figura 9	41
Figuras 8, 13 y 14	42
Figuras 10, 11 y 12.—Secciones de Rocas	44
Figuras de 1 a 6.—Degolyer. Campo de Furbero	49
Vista del Muelle de la Compañía de "El Aguila"	50
Vista del Muelle de la Compañía de "El Aguila" en Pánuco	56
Vista de los Pozos de "La Corona" en Pánuco	60
Cuadro gráfico de la producción de petróleo	63
Muelle de "El Aguila" en Pánuco	74
Tanque de almacenamiento de la "Santa Fe Co."	76
Embarcadero de la "Penn Mex Fuel Co."	78
Campo Petrolífero de Topila	81
Una calle de la Ciudad de Tampico	82
Muelle sobre el Río Pánuco	84
Barco-tanque, carros-tanques, vista panorámica de Juan Casiano	86
Pozos en el campo de Topila	88
Trampa para separar el aceite	90
Trampa para separar el aceite	92
Torre empleada para la perforación de pozos	94
Campo petrolífero de Topila	96
Gran pozo brotante de Cerro Azul No. 4	98
Incendio de petróleo	100
Gran pozo brotante de Cerro Azul No. 4	102
Gran pozo brotante de Potrero del Llano	104
Cuadro esquemático	154
Plano Geológico de la República Mexicana (Saldrá en la segunda parte de esta obra)	157
Plano Orográfico de la República Mexicana	157
Perfil de México al Paso del Norte, perfil del camino de San Blas a Veracruz, perfil del camino de Toluca a Los Placeres, perfil de Manzanillo a Zapotlán, Perfil de Nochistlán a San Blas, perfil de Autlán a Guadalajara	159
Corte transversal de México según el paralelo de 25°, corte transversal de México según el paralelo de 23°, corte transversal de México según el paralelo de 21°, corte transversal de México según el paralelo de 19°	160
Distribución geográfica de los criaderos de carbón y petróleo	204

INDICE DE LA PRIMERA PARTE

Página

Advertencia 3
Sinópsis del Boletín Núm. 23 del Instituto Geológico de México "Regiones Petrolíferas de México" (J. D. Villarello) 5
Extracto sobre los Yacimientos de Petróleo en México (Boverton Redwood) 22
Observaciones sobre este artículo 24
Extracto sobre el artículo "Ejemplos Probables de Tubos de Erupción" (Ezequiel Ordóñez) 25
Extracto sobre el artículo "Campos Petrolíferos Mexicanos" (L. G. Huntley) 28
Extracto sobre el artículo "El Campo Petrolífero de Furbero" (E. Degolyer) 45
Extracto sobre el artículo "La Región Petrolífera del Noreste de México" (V. R. Garfias) 50
Extracto sobre el artículo "Yacimientos de Petróleo en el Oriente de México" (E. T. Dumble) 57

El Petróleo en la República Mexicana

Introducción 60
Capítulo I. Parte Histórica 62
Capítulo II. Porvenir de la Industria Petrolera Mexicana y su Influencia en el Desarrollo Industrial de la República 83
Capítulo III. Origen del Petróleo 104
Capítulo IV. Fuerzas que Intervienen en el Depósito de los Materiales Orgánicos, para su acumulación y transformación en Petróleo 122
Capítulo V. Geología de los terrenos Petrolíferos Mexicanos 155
Fe de erratas más notables 214
Colocación de las Ilustraciones 215

SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 01224 2574